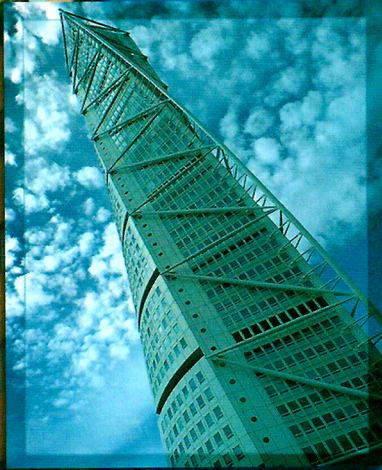


أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

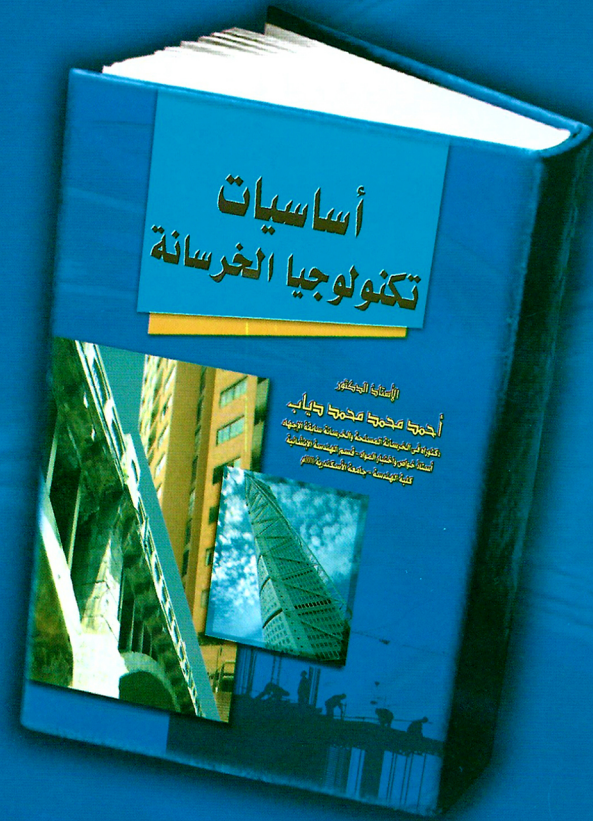
الأستاذ الدكتور

أحمد محمد دياب
دكتوراه في الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد
أستاذ خواص واختبار المواد - قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية



أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

أ.د. أحمد محمد دياب



SCANED BY
ENG. OSAMA TAREK

الباب الأول

ركام الخرسانة (Concrete Aggregate) (1)

1-1 عام

2-1 تقسيم الركام (Classification of Aggregate)

- 1- التقسيم طبقا للمصدر (According to Source)
- 2- التقسيم بناء على شكل الحبيبات (According to Particle Shape)
- 3- التقسيم بناء على وحدة وزن الركام (According to Unit Weight)
- 4- التقسيم بناء على الملمس (Texture)
- 5- التقسيم بناء على مقياس الحبيبة (Particle Size)

3-1 المحاجر والكسارات (Quarries and Crushers)

4-1 تدرج الركام (Grading of Aggregate)

- 1-4-1 التعريف و المناخل
- 2-4-1 اختبار التدرج الحبيبي (اختبار التحليل المنخلي)
- 3-4-1 المقياس الاعتباري الأكبر للركام (Maximum Aggregate Size)
- 4-4-1 مقياس نعومة الرمل (Fineness Modulus)
- 5-4-1 المواصفات القياسية للتدرج الحبيبي
- 6-4-1 حدود فجوة في التدرج (Gap-graded Aggregate)
- 7-4-1 خلط ركام كبير وركام صغير
- 8-4-1 تحديد نسبة خلط الرمل والركام الكبير للحصول على تدرج ركام شامل معلوم حدود تدرجه
- 9-4-1 خلط ركام كبير مقاسه كبير مع آخر مقاسه صغير للحصول على خليط زلط معلوم التدرج
- 10-4-1 الركام الشامل وتأثير المساحة السطحية

(All-in Aggregate and Effect of Surface Area)

5-1 رطوبة الركام (Moisture of Aggregate)

6-1 الوزن الحجمي والنوعي للركام والنسبة المئوية للامتصاص

(Unit Weight, Specific Gravity and Absorption)

7-1 مقاومة الركام (Aggregate Strength)

8-1 صلادة الركام (Hardness of Aggregate)

9-1 مقاومة الترابط للركام (Bond of Aggregate)

10-1 الزيادة الحجمية للرمل (Bulking of Sand)

11-1 الركام المقططح (Flaky Aggregate)

12-1 الركام المستطيل (Elongated Aggregate)

13-1 المسامية (Porosity)

14-1 المواد الضارة (Deleterious Materials)

- 1-14-1 الطين والمواد الناعمة (Clay and Fine Materials)
- 2-14-1 الشوائب العضوية (Organic Impurities)
- 3-14-1 الأملاح المحتواه في الرمل (Salt Contamination)
- 4-14-1 الحبيبات الغير ثابتة (Unsound Particles)
- 5-14-1 وجود مواد تؤدي إلى عدم ثبات الركام (Materials Yield Unsound Particles)

15-1 ملحق العملي

1-15-1 طرق أخذ العينات (Aggregate Sampling)

2-15-1 اختبار التحليل بالمناخل للركام

Test Method for The Determination of Sieve Analysis of Aggregates

3-15-1 اختبار تعيين النسبة المئوية للإمتصاص للركام

Test Method to Determine The Percentage of Absorption for Aggregate

4-15-1 اختبار تعيين الوزن النوعي الظاهري للركام

Apparent Specific Gravity of Aggregate

5-15-1 اختبار تعيين الوزن الحجمي والنسبة المئوية للفراغات للركام

Test Method for Determination of Bulk Density (Volumetric Weight)

and Percentage of Voids for Aggregate

6-15-1 اختبار تعيين معامل العسوية للركام الكبير

Elongation Index of Coarse Aggregate

7-15-1 اختبار تعيين معامل التفلطح للركام الكبير

Flakiness Index of Coarse Aggregate

8-15-1 اختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة بالركام بالوزن

Determination of Clay and Other Fine Materials in Aggregates by Weight

9-15-1 اختبار تعيين معامل التفتيش للركام الكبير

Test Method for Determination of Coarse Aggregate Crushing Value:

10-15-1 اختبار تعيين مقاومة الركام الكبير للبري بجهاز لوس أنجلس

Determination of Abrasion Resistance of Coarse Aggregates in Los

Angeles Machine

الباب الأول ركام الخرسانة (Concrete Aggregate)

1-1 عام :

يمثل الركام حوالى من 75 إلى 80% من مكونات الخرسانة. ومن أهم الخواص المطلوبة فى الركام أن يكون خاملاً, لا يتفاعل مع عجينة الأسمنت (Cement Paste), حتى لا يحدث تغير حجمى والخرسانة متصلة, مما قد يؤدي إلى تفتت الخرسانة. ومن المعلوم أن الركام خواصه تؤثر على خواص الخرسانة. فلا يمكن الحصول على خرسانة جيدة دون استخدام ركام جيد ونستعرض فى مايلى أنواع وخواص الركام .

2-1 تقسيم الركام (Classification of Aggregate):

أ. التقسيم طبقاً للمصدر (According to Source):

- الركام الطبيعى:
وهو الركام الذى يؤخذ من الطبيعة. وإما يستخدم كما هو مثل الزلط, أو يتم تكسيره واستخدامه مثل كسر أحجار الدولوميت.
- الركام الصناعى:
وهو الركام الذى يتم صناعته مثل ركام الليكا. وهونائج من حرق طفل قابل لإخراج غازات عند الحرق أو تضاف مادة محدثة للغازات داخل الفرن, مما يسمح بزيادة الحجم, ثم يتم تبريده وتكسير الركام المتكون لنحصل على مادة خفيفة تقل كثافتها عن 0.5 طن/م³, تستخدم لإنتاج طوب خفيف. كما أنها تستخدم أيضاً لإنتاج الخرسانة الخفيفة.
- ويمكن أن يكون الركام منتج ثانوى لصناعة معينة (By-product) مثل خبث الحديد الناتج من صناعة الحديد, والذى يتم تخفيف كثافته بتعريضه لبخار ماء. ويستخدم لإنتاج خرسانة خفيفة إنشائية.

ب. التقسيم بناء على شكل الحبيبات (According to Particle Shape):

يلاحظ أن الركام قد يأخذ شكل حبيباته عدة أشكال. وهو غالباً إما أن يكون دائرى (الركام الطبيعى), أو زاوى (كسر الأحجار). وشكل (1-1) يحتوى على الأشكال المتوقعة فى الموقع. وعموماً فالشكل الدائرى ومشتقاته يعطى خرسانة أسهل تشغيلاً من الشكل الزاوى. وعموماً فإن الركام الذى يتم توريده يحتوى على حبيبات مدوره وغير منتظمة ومسطحة ومستطيله, وكلما قلت نسبة الركام المسطح والمستطيل تحسن جودة الركام.

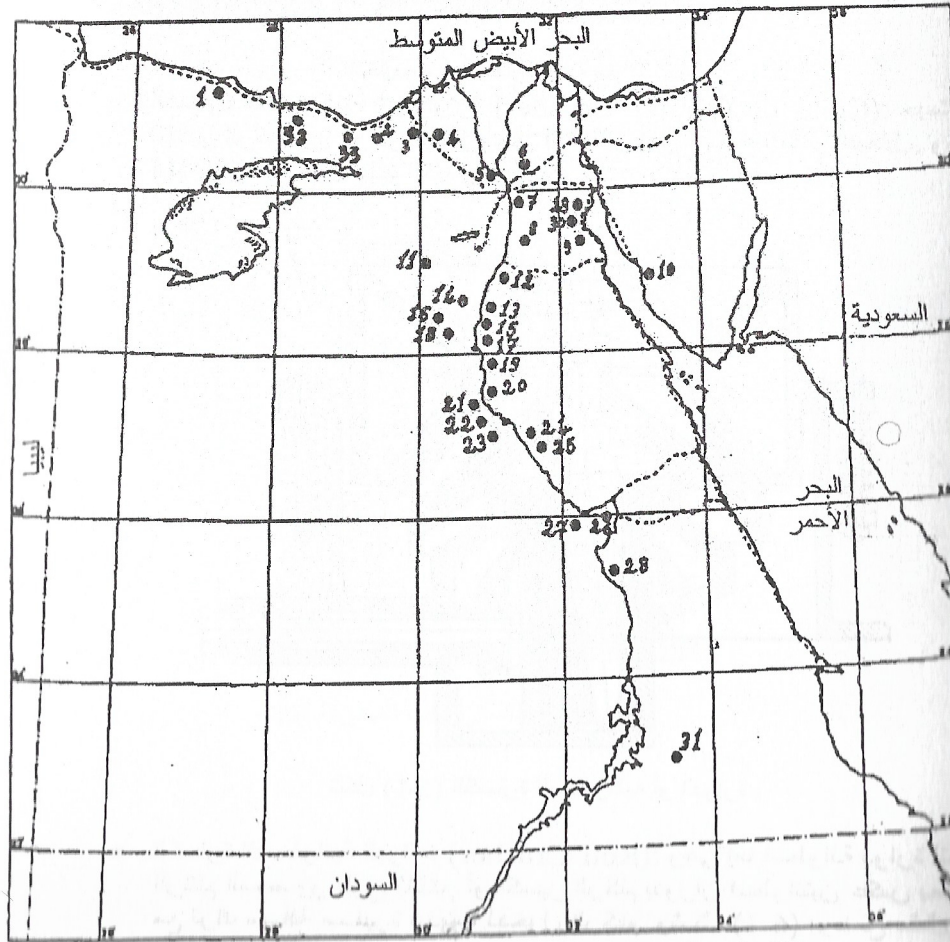
ج. التقسيم بناء على وحدة وزن الركام (According to Unit Weight):

حيث يقسم الركام لركام خفيف (وحدة وزنه أقل من 1.12 جم/سم³), وركام عادى (وحدة وزنه أكبر من 1.50 وأقل من 1.75 جم/سم³), وركام ثقيل (وحدة وزنه أكبر من 2.8 جم/سم³).

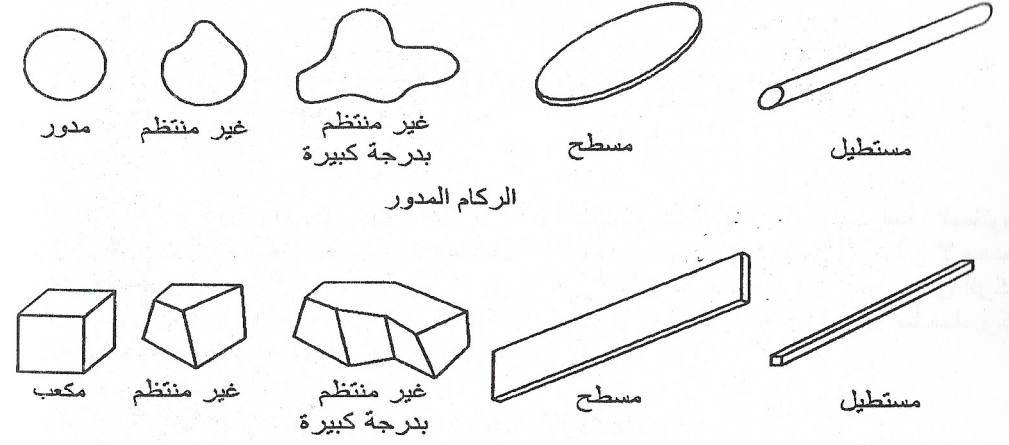
د. التقسيم بناء على الملمس (Texture):

يقسم الركام الى مزجج (Glassy) مثل الصوان, ناعم (Smooth) مثل الرمل والزلط, محبيب (Granular) مثل الحجر الرملى, خشن (Rough) مثل الحجر الجيرى, بللورى (Crystalline) مثل الجرانيت, مسامى (Honey Comb) مثل الليكا.

- | | | |
|----------------|---------------|---------------|
| 1- مرسى مطروح | 12- بنى سويف | 23- بنى غالب |
| 2- الحمام | 13- شرق الفشن | 24- الخوالد |
| 3- مريوط | 14- غرب الفشن | 25- همامية |
| 4- عام المركب | 15- مزيت أمير | 26- جاره |
| 5- أبو رواش | 16- البهنسة | 27- أبو النور |
| 6- عجران الفول | 17- بنى خالد | 28- الشراونة |
| 7- المقطم | 18- شوشة | 29- عتاقة |
| 8- الصف | 19- بنى حسن | 30- أدبية |
| 9- السخنة | 20- العمارنة | 31- علاقى |
| 10- أبو زينة | 21- خشبة | 32- الضبعة |
| 11- المساحيط | 22- بنى عدى | 33- العلمين |



شكل (3-1) يوضح خريطة لمحاجر كسر الحجر الجيرى فى مصر



الركام الزاوى

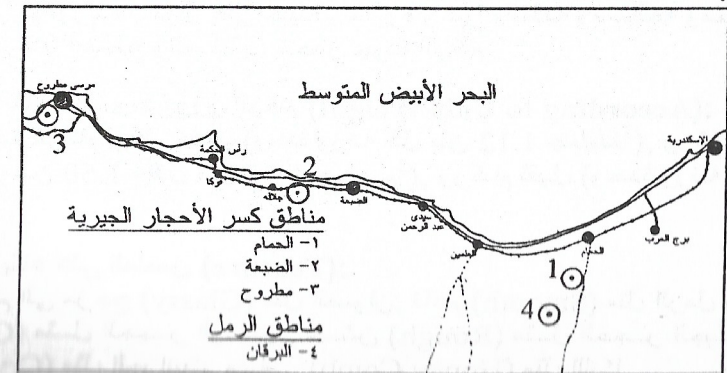
شكل (1-1) الأشكال المتوقعة للركام

5- التقسيم بناء على مقاس الحبيبة (Particle Size):

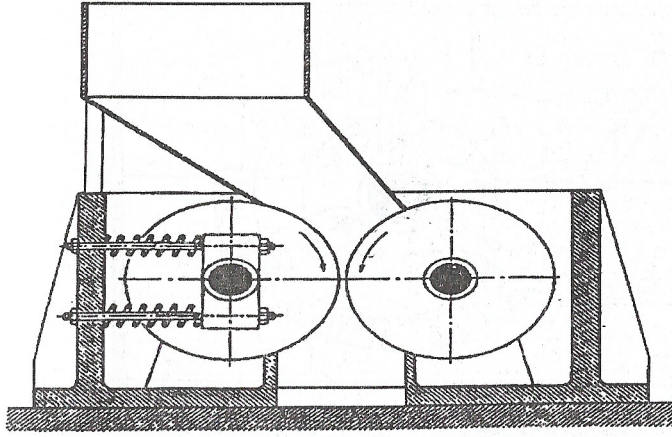
يقسم إلى ركام كبير (Coarse Aggregate)، تكون مقاس حبيباته أكبر من 4.75 مم مثل الزلط وكسر الأحجار، وركام صغير (Fine Aggregate) وهو الذى مقاس حبيباته أقل من 4.75 مم مثل الرمل، والركام الشامل (All-in Aggregate) وهو خليط من الركام الكبير والصغير مثل خليط من الزلط والرمل.

3-1 المحاجر والكسارات (Quarries and Crushers):

شكل (2-1) و (3-1) يوضحان محاجر بعض أنواع الركام فى مصر سواءً للساحل الشمالى أو لباقي مصر. وتوجد عدة محاجر أخرى للدولوميت والبازلت. ولإنتاج الركام من الأحجار تستخدم الكسارات والتى يوجد منها عدة أنواع نلخصها فيما يلى: *الكسارات الفكبة (Jaw Crushers): ومنها مزدوجة الذراع ومفردة الذراع ذات الضغط لأعلى ومفردة الذراع ذات الضغط لأسفل. وشكل (4-1) يوضح كسارة فكية مفردة الذراع ذات الضغط لأعلى.

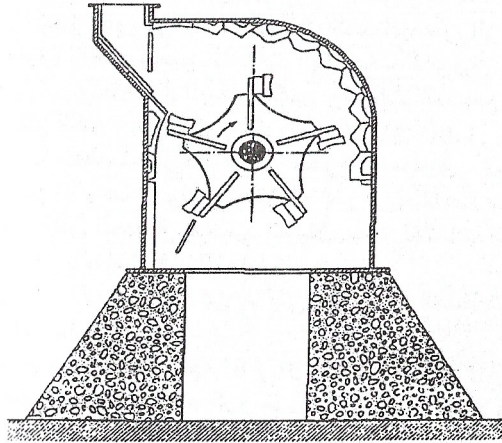


شكل (2-1) يوضح خريطة لمحاجر الساحل الشمالى

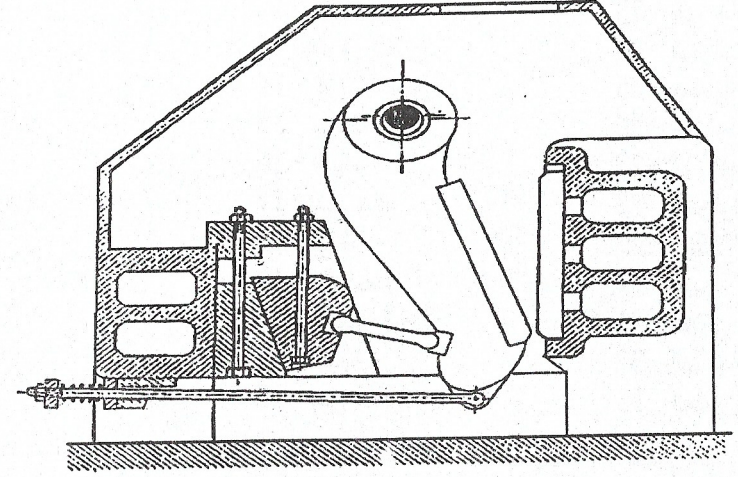


شكل (6-1) الكسارة الاسطوانية الدوارة

- الكسارات ذات المطرقة (Hammer crusher): ويوجد منها مطرقة ثابتة (Fixed Hammer) ومطرقة متأرجحة (Swing hammer). حيث تكسير الركام بتعريضه للصدم بالمطرقة. والشكلان (7-1) و (8-1) يوضح الكسارتين السابقتين على الترتيب.

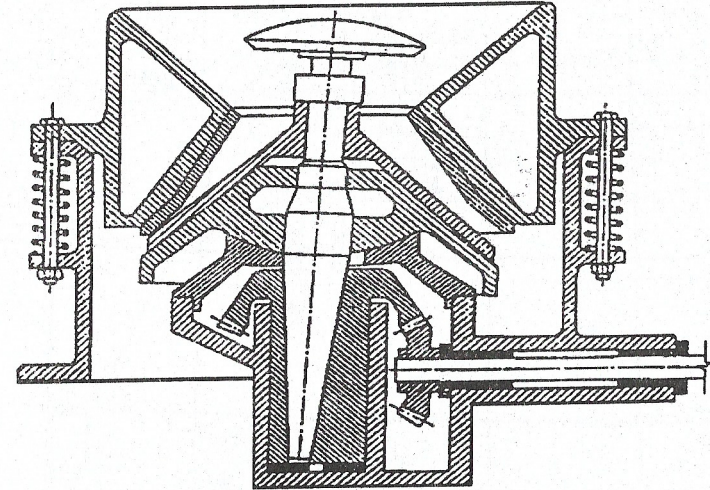


شكل (7-1) الكسارة ذات المطرقة الثابتة



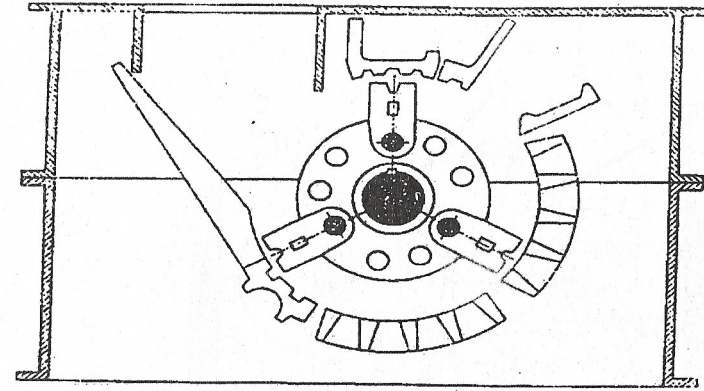
شكل (4-1) كسارة فكية مفردة الذراع

- الكسارة المخروطية أو الدوارة (Cone or Gyrator Crusher): حيث يتم تكسير الركام بين الرأس المخروطي أو الدائري و السطح المقعر المقابل. وشكل (5-1) يوضح مثال لتلك الكسارة.



شكل (5-1) الكسارة المخروطية أو الدوارة

- الكسارة الاسطوانية الدوارة (Roll Crusher): وهي إما اسطوانة دوارة لتكسير الركام المحصور بلوح ثابت، أو تكسير الركام بدوران اسطوانتين عكس بعضهما مع ترك مسافة صغيرة بينهما لدخول الركام. وشكل (6-1) يوضح مثال لتلك الكسارة.



شكل (8-1) الكسارة ذات المطرقة المتأرجحة

ومن خلال الخبرة المكتسبة من المواقع، لوحظ أن الكسارات المخروطية تنتج حبيبات ركام أقل جودة من الكسارات الأخرى من حيث شكل الركام المكسر. أما الكسارات ذات المطرقة فتعطي أفضل أشكال للركام المكسر عند مقارنتها بباقي الكسارات.

4-1 تدرج الركام (Grading of Aggregate): 1-4-1 التعريف و المناخل:

هي الخاصية التي تعبر عن تواجد المقاسات المختلفة من الركام، بحيث تتداخل الحبيبات ذات المقاسات الصغيرة داخل الحبيبات ذات المقاسات الكبيرة. ويتم الحكم عليها من خلال مناخل ذات مقاسات قياسية لكل من الركام الكبير والركام الصغير. ومقاسات المناخل القياسية طبقاً لـ ASTM للركام الكبير هي 16^3 , 8^3 , 0.53 , 1.18 , 1.00 , 1.25 , 1.50 بوصة. وتوجد أيضاً مناخل أخرى. أما مقاسات الركام الكبير للكود المصري والـ B.S. هي 16^3 , 8^3 , 0.50 , 1.18 , 1.00 , 1.50 , 2.00 بوصة. وتوجد مناخل أخرى مساعدة بين تلك المناخل. أما بالنسبة للرمال، فنظراً لصغر مقاس الحبيبة، فيسمى المنخل بعدد الفتحات الموجودة في البوصة الطولية، وذلك لتسهيل التعامل مع المناخل في المعامل.

والمناخل القياسية للرمال سنذكرها في ما يلي بذكر رقم المنخل وبين قوسين قطر المنخل :

• مناخل ASTM:

- رقم 4 (4.75 مم)، 8 (2.36 مم)، 16 (1.18 مم)، 30 (600 ميكرومتر)، 60 (300 ميكرومتر)، 50 (100 ميكرومتر)، 100 (150 ميكرومتر).
- مناخل المواصفات المصرية والبريطانية:
 16^3 , 7 (2.36 مم)، 14 (1.18 مم)، 25 (600 ميكرومتر)، 52 (300 ميكرومتر)، 100 (150 ميكرومتر).

4-1-2 اختبار التدرج الحبيبي (اختبار التحليل المنخلي):

خطوات الاختبار المذكورة في نهاية الباب. ويتم وضع الركام أعلى المناخل ثم يتم النخل إما يدوياً أو ميكانيكياً بواسطة هزاز، ويحدد الوزن المحجوز (Retained) على كل منخل، ثم تحسب النسبة المئوية للمحجوز الكلي، وهو عبارة عن % لوزن الركام المحجوز لكل المناخل ذات المقاس الأكبر من مقاس المنخل + % للمحجوز على المنخل، وهي تعني النسبة المئوية لكل الركام ذي المقاس الأكبر من أو يساوي هذا المقاس. وكمثال إذا حسبنا النسبة للمحجوز

الكلي 60% لمنخل 4^3 بوصة، فهذا يعني أن 60% من الركام مقاسه أكبر من 4^3 بوصة. وإذا كانت تلك النسبة صفر في المائة، فهذا يعني أنه لا يوجد ركام مقاسه أكبر من 4^3 بوصة. يتم حساب النسبة المئوية للمار، وهي لمنخل معين = $100 -$ النسبة المئوية للمحجوز الكلي لهذا المنخل. وجدول (1-1) يحتوى على مثال لنتيجة اختبار تدرج حبيبي لرمال معين. وجدول (2-1) يحتوى على تدرج حبيبي لركام كبير.

جدول (1-1) حسابات اختبار تدرج حبيبي لرمال

رقم المنخل	الوزن المحجوز (جم)	% للمحجوز	% للمحجوز الكلي	% للمار
4	6	2.14	2.14	98
7	45	16.00	18.14	82
14	40	14.30	32.44	68
25	69	24.64	57.08	43
52	110	39.30	96.38	4
100	5	1.80	98.80	1
الإثناء	5	1.80	100	
وزن العينة	280			

* يفضل تقريب الكسور لعدد صحيح

جدول (2-1) مثال لحسابات تدرج حبيبي لزلط

مقاس منخل (بوصة)	المحجوز (جم)	% للمحجوز	% للمحجوز الكلي	% للمار
1.50	صفر	صفر	صفر	100
1.00	400	4	4	96
0.75	3200	32	36	64
0.50	4000	40	76	24
8^3	1300	13	89	11
16^3	1000	10	99	1
الإثناء	100	1	100	-

والزلط المذكور في جدول (2-1) نجد أن نسبة المار من منخل 2^1 بوصة = 24%. وهذا يعني أن الزلط المورد نسبة الحبيبات التي مقاسها أقل من 2^1 بوصة فيه تمثل 24% من وزن الركام، بينما نسبة الحبيبات الأكبر من 2^1 = 76%. ويمكن رسم منحنى لنتائج اختبار التحليل المنخلي كما في شكل (9-1).

ويجب أن نذكر باختصار أن مقاومة الخرسانة للضغط تتحسن كلما قل محتوى الماء المطلوب لإنتاج 1 م³ خرسانة عند محتوى أسمنت معين؛ أي تقل المقاومة مع زيادة نسبة الماء للأسمنت. وعلى ذلك فإن أي عامل يزيد من ماء الخلط، فإنه سيقلل المقاومة. ويجب على المهندس العلم بأن الماء المضاف له وظيفتين رئيسيتين؛ الأولى هي أن جزء من الماء يتحد مع الأسمنت لكي يعطى للخرسانة صلابتها ومقاومتها، والثانية أن الماء هو الذى يعطى الخرسانة القابلية للصب (التشغيلية) بدون ظهور عيوب في العضو الخرساني. ومن المفضل أن يغلف ماء الخلط جميع المساحة السطحية لمكونات الخرسانة. وعلى ذلك فإن زيادة المساحة السطحية للركام الكبير أو الرمل تتطلب ماء زائد مما يقلل المقاومة.

و يؤثر المقاس الاعتباري الأكبر على مقاومة الخرسانة، ويتوقف ذلك على محتوى الأسمنت في الخلطة ومستوى المقاومة المطلوبة. إن استخدام ركام كبير ذو مقاس 2" و 3" في الخرسانة القوية بالأسمنت (الخرسانة العادية) يحسن من مقاومة الضغط إذا ما قورن باستخدام الركام الصغير ذو المقاسات الصغيرة مع تثبيت محتوى الأسمنت. للخرسانة المسلحة فإنه لا يفضل زيادة مقاس الركام عن 40 مم، لأن المقاومة المطلوبة تكون متوسطة أو كبيرة، وزيادة المقاس تؤدي إلى تركيز الإجهادات، كما أنه كلما زاد مقاس الحبيبة تكون مقاومة ضغط الحبيبة أقل، نظراً لزيادة احتمال وجود مناطق ضعف في تلك الحبيبة.

وللأسباب السابقة، إذا أراد المهندس الحصول على مقاومة ضغط للخرسانة أكبر من 700 كجم/سم²، فعليه اللجوء إلى ركام كبير في حدود أو أقل من 2".

4-1-1 معايير نعومة الرمل (Fineness Modulus):

يستخدم هذا المعيار في أغلب دول العالم للتعريف بنوعية الرمل المورد للموقع. وكلما زاد هذا المعيار، فإنه يعطى دلالة على أن الرمل خشن. فعندما نذكر أنه تم توريد رملين معيار 2.0 و 3.0، فمعنى ذلك أن الرمل الأول أخشن من الرمل الثاني.

و عموماً فإن معايير النعومة = مجموع النسب المئوية التجميعية للمناخل القياسية للرمل وهو يعبر عن القطر المتوسط لحبيبات الرمل تقريباً بالمليمتر. 100
وجداول (4-1) يوضح مثال لحساب معايير نعومة الرمل.

جدول (4-1) حساب معايير نعومة الرمل

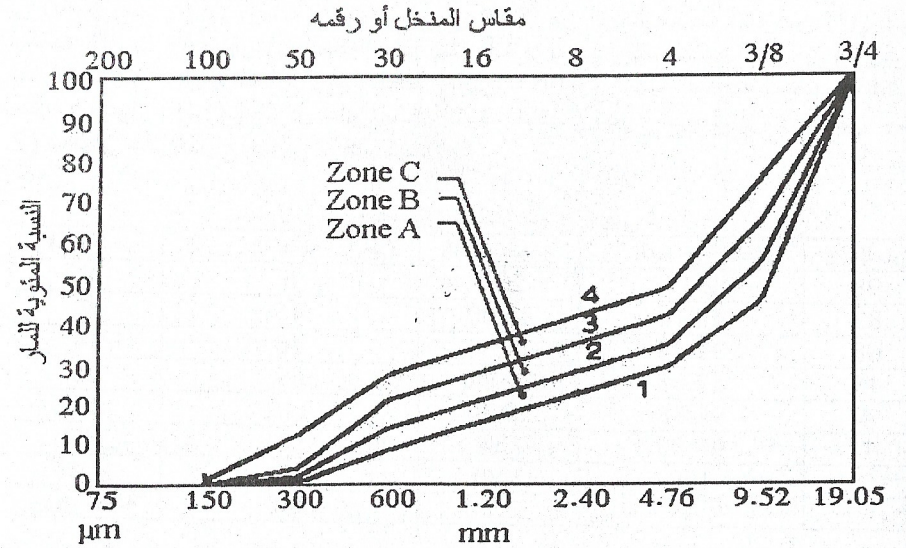
مقاس المنخل	4	7	14	25	52	100	مجموع
% للمار	100	90	50	25	13	5	
% للمحجوز الكلي	صفر	10	50	75	87	95	317

$$* \text{معايير نعومة الرمل} = 100 \setminus 317 = 3.17$$

و كلما قل معايير نعومة الرمل، يزيد محتوى ماء الخرسانة لتحقيق درجة تشغيلية معينة للخرسانة، فتقل مقاومة الخرسانة لنفس محتوى الأسمنت. ولذلك يُنصح باستخدام الرمل الخشن في الخرسانة.

4-1-2 المواصفات القياسية للتدرج الحبيبي:

تطبع المواصفات القياسية للدولة الحدود التي يجب أن يحققها الرمل أو الركام الكبير. وتوضع حدود الرمل في المواصفات المصرية و B.S.882:1973 كدالة من 4 مناطق؛ المنطقة الأولى الرمل عالي الخشونة، والمنطقة الثانية للرخن، والمنطقة الثالثة للرمل المتوسط الخشونة، والمنطقة الرابعة للرمل الناعم جداً (المناطق 1، 2، 3، 4). وتعطى حدود الركام الكبير



شكل (9-1) مثال لتدرج الركام و حدود BS

4-1-3 المقاس الاعتباري الأكبر للركام (Maximum Aggregate Size) ومعلومات عامة:

يستخدم المقاس الاعتباري الأكبر للتعبير عن مقاس الحبيبات الكبيرة العامة في الركام الكبير. ويعرف بأنه مقاس أصغر فتحة منخل تسمح بمرور 95% على الأقل من الركام. وتوجد بعض المواصفات قد تسمح بأن تصل هذه النسبة إلى 90% في حالة الركام الكبير ذي المقاس الصغير. فعندما يذكر أحد أنه قد تم توريد زلط مقاسه 40 مم، فهذا يعني أن 95% من هذا الزلط مقاسه أقل من 40 مم، وأنه غير مناسب بالطبع لصب كمرة عرضها 100 مم، والمسافة بين أسياخ صلب التسليح 15 مم، لأن المسافة بين أسياخ تسليح الكمرة ستكون أقل من مقاس الركام وبذلك لا يمكن صب الخرسانة. و عموماً فإن أغلب المواصفات والكودات توصي بأن يتم اختيار الركام الكبير بحيث يكون مقاسه الاعتباري الأكبر أقل من أو يساوي 1/4 أقل بعد للعضو الإنشائي المصبوب، وبحيث لا يزيد عن (3²-4³) المسافة الخالصة من أسياخ صلب التسليح حتى نضمن صب جيد للخرسانة.

جدول (3-1) % للمار لعدة أنواع من الزلط

مقاس المنخل	1.50	1.00	0.75	0.50	8/3	16/3
زلط أ	100	100	100	95	40	5
زلط ب	95	80	60	30	20	1
زلط ج	98	95	50	30	10	1.5

جدول (3-1) يحتوي على النسبة المئوية للمار لثلاثة أنواع مختلفة من الزلط ومنها يتضح أن المقاس الاعتباري الأكبر للزلط أ، ب، ج هي 0.50 و 1.00 و 1.50 بوصة على الترتيب. بناءً على ما سبق يتضح أنه كلما قل المقاس الاعتباري الأكبر للركام الكبير، تقل أبعاد الحبيبات وتزيد مساحته السطحية لوحدة الوزن.

كدالة من المقاس الاعتباري الأكبر. جدول (5-1) يوضح حدود متطلبات المواصفات العالمية والمصرية لعام 1971 للرمل. أما مواصفة 2002 فتسمح برمال أنعم.

جدول (5-1) يحتوى على % للمار للرمل لمتطلبات المواصفات المختلفة

% للمار للمنطقة (مصري و.B.S)				منخل المصرية B.S.	ASTM % للمار	منخل ASTM رقم
4	3	2	1			
100	100	100	100	9.5 مم	100	813
100-95	100-90	100-90	100-95	4.75 مم	100-90	1613
100-95	100-85	100-75	95-60	2.36 مم	100-80	8
100-90	100-75	90-55	70-30	1.18 مم	85-50	16
100-80	79-60	59-35	34-15	600 ميكروم	60-25	30
50-15	40-12	30-8	20-5	300 ميكروم	30-10	50
10-0	10-0	10-0	10-0	100 ميكروم	10-2	100

* للركام الصغير الناتج من كسر الحجر الجيري تسمح المواصفات بزيادة هذه النسبة إلى 20%.

ويرى المؤلف أن المنطقة (4) تحتوى على رمل ناعم جداً يمكن استخدامه في الخرسانة العادية فقط وليس في الخرسانة المسلحة. ويجب أن يحقق الركام تلك الحدود بأن يقع داخل الحدود أو عليها.

وستتناول في ما يلي متطلبات ASTM والمواصفات المصرية والبريطانية للركام الكبير:

• حدود ASTM C33-78 للركام الكبير موضحة بجدول (6-1)

جدول رقم (6-1) حدود ASTM C33-78 للركام الكبير

مقاس اعتباري أكبر بوصة	2	1.5	1	4/3	2/1	8/3	16/3	8	16
من 2 إلى منخل رقم 4	100-95	—	70-35	—	30-10	—	5-0	—	—
من 1.5 إلى منخل رقم 4	100	100-95	—	70-35	—	30-10	5-0	—	—
من 1 إلى منخل رقم 4	—	100	100-95	—	60-25	—	10-0	5-0	—
من 4/3 إلى منخل رقم 4	—	—	100	100-90	—	55-20	10-0	5-0	—
من 2/1 إلى منخل رقم 4	—	—	—	100	100-90	70-40	15-0	5-0	—
من 8/3 إلى منخل رقم 8	—	—	—	—	—	100	100-85	10-0	5-0

• حدود المواصفات المصرية للركام الكبير:

جدول (7-1) يحتوى على حدود المواصفات المصرية وال-B.S.882:1973.

جدول رقم (7-1) حدود القبول والرفض للركام الكبير

النسبة المئوية المارة بالوزن							مقاس فتحة المنخل (مم)
ركام بمقاس مفرد (مم)				ركام متدرج (مم)			
10	14	20	40	5-14	5-20	5-40	
—	—	—	100	—	—	100	50.00
—	—	100	100-85	—	100	100-90	37.50
—	100	100-85	25-0	100	100-90	70-35	20.00
—	100-85	—	—	100-90	80-40	55-25	14.00
100	50-0	25-0	5-0	85-50	60-30	40-10	10.00
0-100	10-0	5-0	—	10-0	10-0	5-0	5.00
0-0	—	—	—	—	—	—	2.36

وتنص المواصفات المصرية على حدود للركام الشامل (خليط من الركام الكبير والركام الصغير)، كما في جدول (8-1).

جدول رقم (8-1) حدود القبول والرفض للركام الشامل عام 2002

النسبة المئوية المارة من المنخل			مقاس فتحة المنخل (مم)
المقاس الإعتباري 10مم	المقاس الإعتباري 20مم	المقاس الإعتباري 40مم	
—	—	100	50.00
—	100	100-95	37.50
—	100-95	80-45	20.00
100	—	—	14.00
100-95	—	—	10.00
65-30	55-35	50-25	5.00
50-20	—	—	2.36
40-15	—	—	1.18
30-10	35-10	30-8	0.60
15-5	—	—	0.30
* 8-0	* 8-0	* 8-0	0.15

* تزداد لـ 10 % في حالة رمال الصخور المكسرة.

6-4-1 حدوث فجوة في التدرج (Gap-graded Aggregate):

شكل (10-1) يوضح مثال لمنحنى تدرج ركام شامل، ويتضح منه غياب الحبيبات من مقاس 10.00 مم إلى مقاس 2.36 مم. وهذا يمثل عيب جوهري يجب التغلب عليه، كما سيأتى في البنود اللاحقة بخلط نوعين أو أكثر من الركام.

وزن الرمل

وزن الرمل + وزن الركام الكبير

محور س يمثل % للرمل بالنسبة للركام الشامل $\times 100 =$
وتتراوح النسبة بين صفر و 100%.

على محور ص 1 يتم توقيع % للمار من مناخل الرمل.

على محور ص 2 يتم توقيع % للمار من مناخل الزلط.

يتم توصيل % للمار من منخل معين على ص 1 بالنسبة للمار من نفس المنخل على

محور ص 2. هذا الخط المائل يمثل المحل الهندسي للنسبة المئوية للمار من هذا

المنخل لأى خليط من الرمل والركام الكبير.

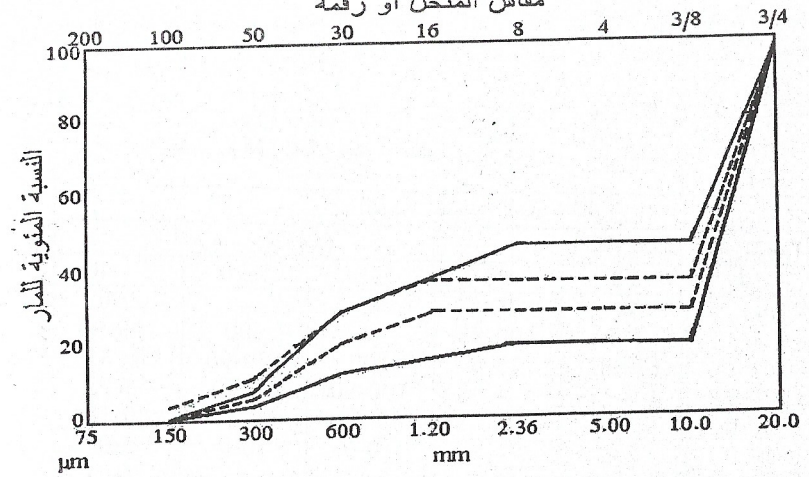
وكمثال المحل الهندسي لمنحنى $8^{1/3}$ هو خط يصل بين 30% على محور ص 2 و

100% على محور ص 1.

يتم رسم خط رأسى على محور س عند نسبة الخلط المعطاه $(\frac{100 \times 1}{2+1})$
33%.

بحسب قيم تقاطعات الخط الرأسى ص مع المناخل المختلفة لتمثل % للمار للخليط , و
أولع فى الجدول السابق.

مقاس المنخل أو رقمه



شكل (10-1) مثال لركام ذو الفجوة فى التدرج

7-4-1 خلط ركام كبير وركام صغير:

جدول (9-1) يحتوى على نتائج التحليل المنخلى لرمل وزلط تم توريدهما لأحد المواقع
والمطلوب حساب التدرج لخليط من الزلط والرمل مخلوطان بنسبة وزنية قدرها 2 : 1.

جدول (9-1) نتائج التحليل المنخلى (% للمار)

المنخل	$2^{1/2}$	$4^{1/2}$	$8^{1/2}$	$16^{1/2}$	7	14	25	52	100
زلط (ص 2)	100	70	30	2	-	-	-	-	-
رمل (ص 1)	100	100	100	98	85	55	40	20	5
الحل الحسابى	100	79.8	52.8	34	28.3	18.3	13.3	6.6	1.56
الحل البيانى	100	80	53	33	28	18	13	6	1.5

هناك طريقتين لحساب تدرج الركام الشامل:

- الطريقة الأولى وهى الطريقة الحسابية:

$$\% \text{ للمار من المنخل للركام الشامل} = \% \text{ للمار من الزلط} \times \frac{\text{وزن الزلط}}{\text{وزن الركام الشامل}} +$$

$$\% \text{ للمار للرمل} \times \frac{\text{وزن الرمل}}{\text{وزن الركام الشامل}}$$

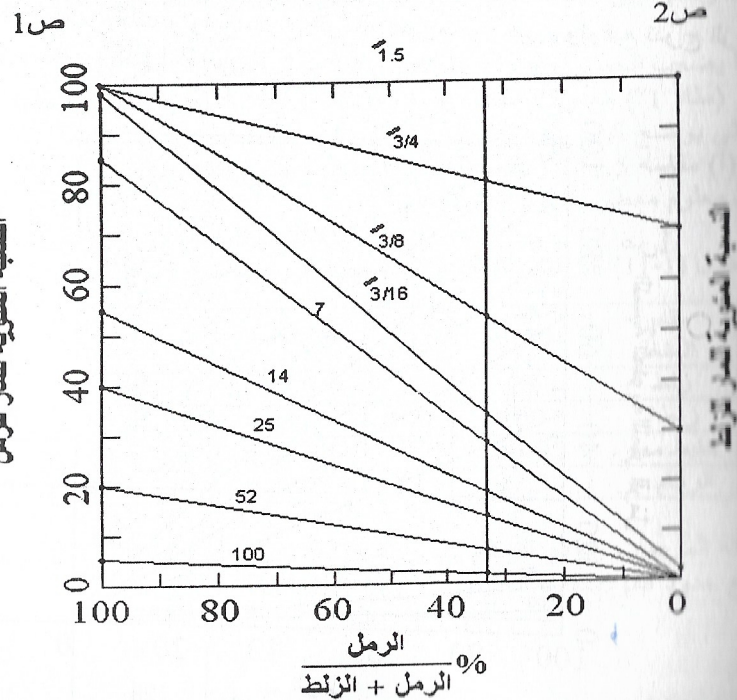
$$\text{وكمثال: } \% \text{ للمار من منخل } 8^{1/3} = 3/1 \times 100 + 3/2 \times 30 = 52.8 \%$$

- الطريقة الثانية وهى الطريقة البيانية:

وهذه الطريقة سوف تساعد المهندس كثيراً فى ما بعد. وشكل (11-1) يوضح تلك

الطريقة، والتي تتجمل فى ما يلى:

- يتم رسم شبكة مربعات (10×10).



شكل (11-1) الطريقة البيانية لحساب تدرج الركام الشامل

8-4-1 تحديد نسبة خلط الرمل والركام الكبير للحصول على تدرج ركام شامل حدود تدرجه:

تستخدم هذه الطريقة لتحديد نسبة خلط ركام صغير إلى ركام كبير للحصول على تدرج يحقق حدود ركام شامل معلوم التدرج وهي نفس الطريقة التي يمكن بها تحديد نسبة خلط رمل ناعم مع رمل خشن للحصول على تدرج معلوم للرمل.

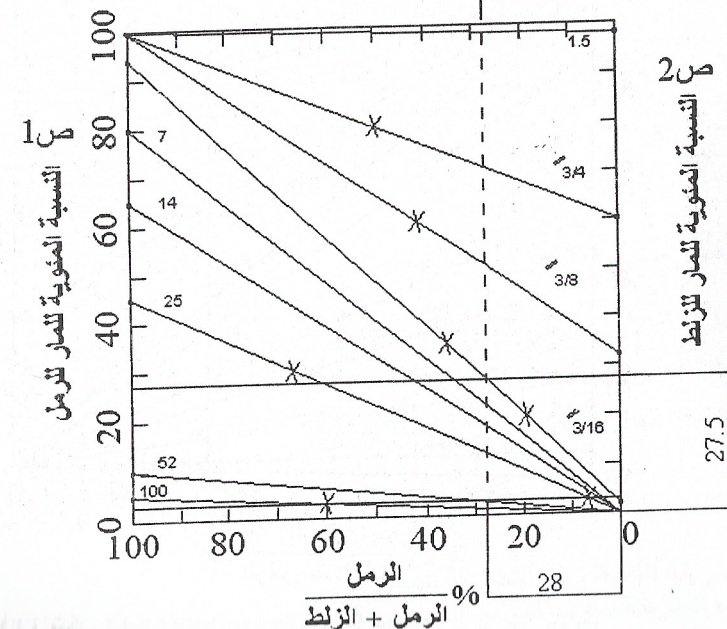
مثال :

إحسب نسبة الرمل إلى الزلط المعلوم التدرج (جدول 1-10) للحصول على ركام شامل تدرجه معلوم .

جدول (10-1) يمثل % للمار من رمل وزلط وركام شامل

المنخل	1.50"	0.75"	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{16}$ "	7	14	25	52	100
رمل ص1	100	100	100	94	80	65	45	10	5
زلط ص2	98	60	32	2	-	-	-	-	-
الركام شامل	100-95	80-40	60-30	35-20	-	-	30-3	-	3-0
خليط ص	98.5	69	50.7	27.5	22	18	12.5	3	1.5
البهائي									

- يتم رسم شبكة المربعات وتوقيع تدرج الرمل على محور ص1 وتوقيع تدرج الزلط على محور ص2، انظر شكل (12-1).



شكل (12-1) خلط ركام كبير و ركام صغير للحصول على تدرج معين

- ارسم محال المناخل المختلفة بتوصيل % للمار للمنخل المعين من ص1 إلى ص2.
- يتم توقيع حدود الركام الشامل على هذه المحال.
- حيث أن المنخل $16\frac{1}{2}$ هو المنخل الذي يفصل بين الرمل والزلط.
- فيتم رسم خط أفقي على بعد رأسى مقداره = القيمة المتوسطة للمار من منخل $16\frac{1}{2}$ = 27.5%.

- يتقاطع الخط السابق مع المحل الهندسى لمنخل $16\frac{1}{2}$ فى نقطة، ويرسم من عندها خط رأسى ص يمثل الاختيار الأول للخليط.
- نفحص هل هذا الخط ص داخل مناطق حدود التدرج للركام الشامل أم لا، ويمكن تحريك هذا الخط إلى الجهة التى تقلل التكلفة، فإذا كان الزلط أعلى من الرمل فإن الخط ص يجب أن يكون أقرب ما يمكن لمحور ص1.
- يتم حساب النسبة المئوية للمار للخليط ص عن طريق تقاطعه مع المحال الهندسية للمناخل المختلفة للركام كما بجدول (10-1).
- من الشكل يتضح أن:

- نسبة الرمل: الركام = 28%
- نسبة الرمل: الزلط = 2.75 : 1 .

9-4-1 خلط ركام كبير مقاسه كبير مع آخر مقاسه صغير للحصول على خليط زلط-معلوم التدرج:

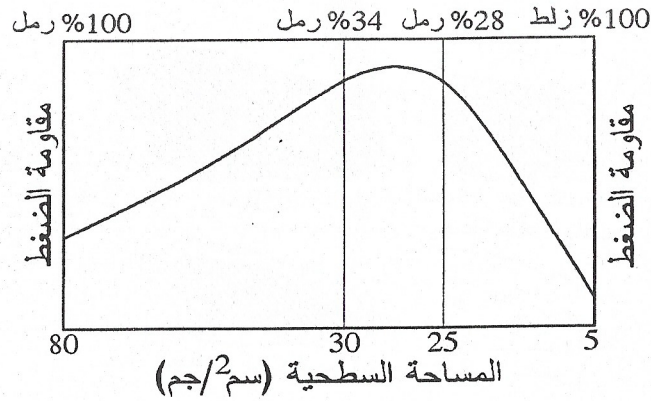
كثيراً ما يصعب الحصول على ركام كبير متدرج فى الطبيعة، وفى تلك الحالة يتم خلط ركام مقاسه كبير (مثلاً "1") مع ركام مقاسه صغير (مثلاً "813") وذلك للحصول على تدرج معلوم، والمثال التالى يوضح كيف يتم ذلك:

ركام كبير (أ) مقاسه "1.5" تدرجه معلوم يراد خلطه مع ركام (ب) مقاسه "1" للحصول على تدرج معلوم معطى بجدول (11-1).

جدول (11-1) % للمار لنوعين زلط وحدود المواصفات لركام خليط مرغوب فيه

مقاس المنخل	1.50"	1"	0.75"	$\frac{1}{8}$ "	$\frac{1}{16}$ "	7
زلط أ	95	35	2			
زلط ب	100	100	90	35	8	2
خليط معلوم	100-95		7-35	30-10	5-0	-
الركام ص	97.5	67	45	17.5	4	1

ارسم شبكة المربعات ويوقع الركام ب، أ كما بشكل (13-1) وتوقع المحال الهندسية للمناخل عليها توقيع حدود المواصفات للخليط.



شكل (14-1) رسم تخطيطي يوضح تأثير المساحة السطحية للركام على مقاومة الضغط

وبلاحظ أن أفضل مقاومة تكون مناظرة لمساحة سطحية متراوحة بين 25-30 سم²/جم الركام الشامل وذلك يناظر نسبة رمل للركام في حدود 30%.

3. رطوبة الركام (Moisture of Aggregate):

ارطوبة الركام صور متعددة سواء في الموقع حيث قد يتعرض الركام لارتفاع درجة الحرارة في الأجواء الحارة أو قد يتعرض للأمطار أو الرش بالماء لتخفيض درجة حرارته أو قد يجفف في الفرن عند إجراء اختبارات عليه، وعموماً فإنه يمكن تفصيل حالات رطوبة الركام في ما يلي:

(1) حالة الجفاف بالفرن (Oven Dry):

وهي تمثل حالة معملية حيث يوضع الركام في فرن درجة حرارته قياسية (105°م) حتى يثبت وزنه ويستخدم في حسابات % المئوية للامتصاص ووحدة الوزن والنوع.

(2) حالة الجفاف في الهواء (Air Dry):

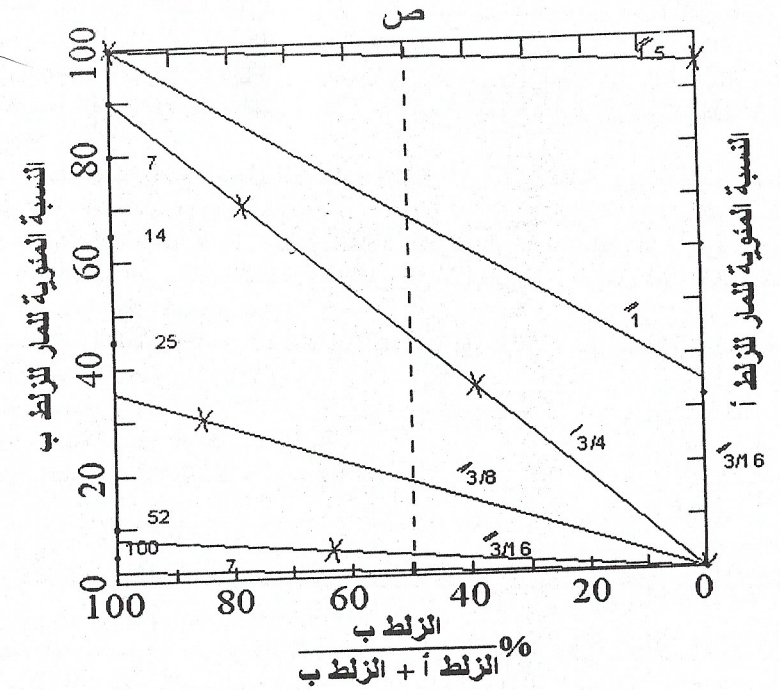
وهي حالة في الموقع حيث يكون سطح الركام جاف ظاهرياً ولكن الحبيبات بها نسبة من الماء.

(3) مشبع من الداخل وسطحه جاف (Saturated Surface Dry):

وهي حالة معملية نصل إليها عن طريق وضع الركام في ماء لمدة معينة (24 ساعة) ثم يرفع درجة حرارة الماء لتصل للغليان في مدة معينة، ويترك الركام في الماء المغلي لفترة قياسية (حوالي 5 ساعات)، ثم يترك ليبرد في الماء، ويمسح سطحه الخارجى بمندبل من الورق لإزالة الماء السطحي، وبذلك تكون الحبيبة فراغات الداخلية مملوءة بالماء وسطحها جاف، ويستخدم في تحديد الامتصاص الكامل والوزن النوعي.

(4) مبلل (Wet):

وفيه تكون الفراغات بها ماء والسطح عليه ماء، انظر شكل (15-1) الذي يوضح حالات الرطوبة للركام.



شكل (13-1) خلط ركام كبير أ مع ركام كبير ب

- يتم اختيار الخليط ص الذي يحقق المواصفات وذلك من الرسم ويمكن تحريكه ليوائم أقل تكلفة مع محاولة عدم استخدام خط على الحدود نظراً لتغير خواص الركام في الطبيعة. تحدد النسبة من الشكل وهي % للزلط ب للزلط الكلي تقريباً = 50 % وبالمثل يمكن خلط رملين للحصول على رمل معين.

10-4-1 الركام الشامل وتأثير المساحة السطحية (All-in Aggregate and Effect of Surface Area):

يلاحظ أن المساحة السطحية للركام الكبير صغير جداً (2-5 سم²/جم)، بينما تكون المساحة السطحية للرمل كبيرة (تتراوح بين 60-100 سم²/جم).

ولا يمكن استخدام الزلط والأسمنت والماء لإنتاج الخرسانة لأن المساحة السطحية للركام ستكون صغيرة وكمية عجينة الأسمنت ستكون كبيرة جداً وسوف تتعرض للشروخ نتيجة الانكماش وستكون تركيز الإجهادات على العجينة الأسمنتية عالية، لذلك فإن مقاومة الضغط لتلك الخرسانة تكون ضعيفة، وليس من المفضل كذلك استخدام خرسانة رمل فقط لأن المساحة السطحية تكون كبيرة وستزيد كمية المياه كثيراً وبالتالي ستكون المقاومة قليلة، ولذلك يستخدم العالم كله خليط من الركام الكبير والركام الصغير بنسبة تتراوح بين 1:1 في الخرسانة ذاتية الدمك وحتى نسبة تصل لـ 3 زلط : 1 رمل تقريباً في الخرسانة التقليدية، وشكل (14-1) عبارة عن علاقة تخطيطية توضح تأثير المساحة السطحية للركام على مقاومة الضغط.

٦١ مقاومة الركام (Aggregate Strength):

من البديهي عامة أنه كلما استخدم المهندس ركام مقاومة حبيباته في الضغط عالية فإنه يحصل على مقاومة ضغط للخرسانة عالية، وحيث أنه من الصعب تحديد مقاومة حبيبة قطرها بأراوح من 16\3 " إلى 1.5" فإنه ينصح باستخدام اختبار التهشيم للدلالة على مقاومة الركام الغير (انظر ملحق الاختبارات في نهاية الباب)، حيث يوضع الركام في إناء ويعرض الركام لعمل ضغط 40 طن فتتكسر الحبيبات الضعيفة وتفتت، ونحدد نسبة المواد المتفتتة في الركام (المواد التي تمر على منخل 2.36 مم) بالنسبة لوزن الركام وهذا ما يعرف بمعامل التهشيم (Crushing Value).

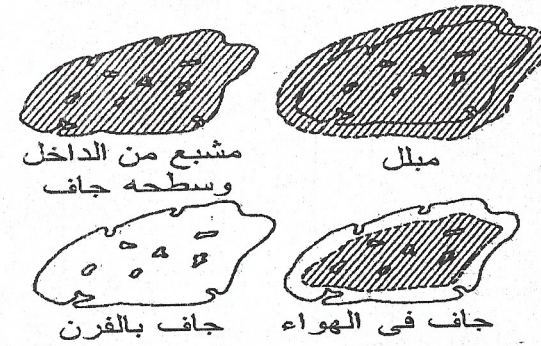
$$\text{معامل التهشيم} = \frac{\text{وزن الركام المار من منخل 2.36}}{\text{وزن الركام الجاف}} \times 100$$

وكما زاد معامل التهشيم دل ذلك على نقص مقاومة الركام للضغط، وينص الكود المصري للخرسانة على أن لا يزيد معامل التهشيم عن 25% للخرسانة التي تتعرض أسطحها للتآكل و 30% للخرسانة التي لا تتعرض أسطحها للتآكل.

وشكل (16-1) يوضح العلاقة بين مقاومة ضغط اسطوانة مجهزة من الصخر الذي جهز منه الركام ومعامل التهشيم، والذي يوضح أنه كلما زاد معامل التهشيم فعامةً تقل مقاومة الضغط. ولذلك لا يصلح استخدام الأحجار الجيرية الضعيفة (البيضاء) أو الأحجار الطباشيرية كركام للخرسانة، وجدول (12-1) يوضح مقاومة الضغط لبعض أنواع الصخور.

جدول (12-1) مقاومة الضغط لبعض أنواع الصخور			
نوع الصخر	مقاومة الضغط ن.مم ²		
	المتوسطة	الدنيا	العظمى
جرانيت	181	114	257
حجر جيرى	159	93	241
حجر رملى	131	44	240
رخام	117	51	244

ومن الجدول السابق يتضح أنه يمكن استخدام كسر الجرانيت في إنتاج خرسانة عالية المقاومة. وأن الحجر الرملى والرخام أحياناً تكون مقاومتها في الضغط ضعيفة، ولذلك لا يصلح المؤلف باستخدام كسرها في الخرسانة إلا إذا أثبتت الاختبارات عكس ذلك، وفي بعض الدول العربية حيث تتواجد نوعيات ممتازة من الحجر الرملى ذات مقاومة عالية (حجر رملى جبرى)، فإنها تستخدم كركام للخرسانة، والعبرة في ذلك إجراء اختبار التهشيم أو الصلادة الذي سيذكر لاحقاً.



شكل (15-1) حالات الرطوبة للركام

6-1 الوزن الحجمى والنوعى للركام والنسبة المئوية للامتصاص: (Unit Weight, Specific Gravity and Absorption):

يعرف الوزن الحجمى بأنه وزن حجم معين من الركام الجاف (بما فيه من الفراغات الداخلية في الحبيبات) = $\frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}}$ ووحداته جم/سم³ أو طن/م³، ويستخدم في تصميم الخلطة الخرسانية في طريقة معهد الخرسانة الأمريكى.

ويعرف الوزن النوعى بأنه = $\frac{\text{كثافة المادة الصلبة للركام}}{\text{كثافة الماء في نفس درجة الحرارة}}$ وكثافة المادة الصلبة للركام = $\frac{\text{وزن الركام جاف}}{\text{الحجم الصلب}}$ ووزن الركام جاف = حجم حبيبات الركام - حجم الفراغات الداخلية في حبيبات الركام وامتصاص الركام له عدة صور ومنها:
- الامتصاص الطبيعى:
حيث توضع الحبيبات الجافة في الماء لمدة 24 ساعة وتحسب النسبة المئوية للماء الممتص بالنسبة لوزن الركام خلال تلك الفترة.
- الامتصاص الكامل:

وهو النسبة المئوية لامتصاص الركام بعد تركه لمدة 24 ساعة في الماء ثم وضعه في ماء يغلى لمدة 5 ساعات.
وكلما اقترب الامتصاص الطبيعى من الامتصاص الكامل يكون ذلك دليل على أن الركام فراغاته متصلة، ويعبر عن ذلك بمعامل التشبع (Saturation Coefficient).

$$\text{معامل التشبع} = \frac{\% \text{ لامتصاص الطبيعى}}{\% \text{ لامتصاص الكامل}} \text{ حيث لا يزيد عن } 1.0$$

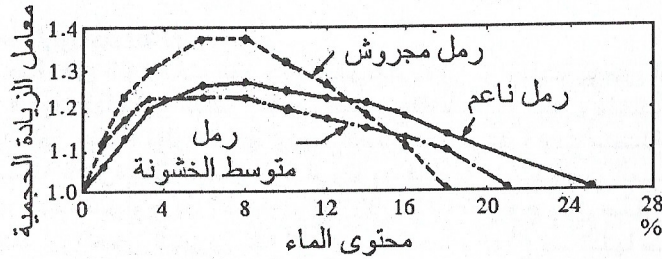
وفي نهاية الباب سنذكر طرق تعيين الوزن الحجمى والنوعى والامتصاص للركام.

9.1 مقاومة الترابط للركام (Bond of Aggregate):

إن مقاومة الترابط بين الركام ومونة الأسمنت تؤثر على مقاومات الخرسانة المختلفة وخاصة مقاومة الانحناء (معايير الكسر)، وتعتمد المقاومة على نوع الركام وعلى خشونة السطح وعلى وجود مسام ووجود مواد طفلية أوطينية على سطح الركام، حيث كلما زادت الخشونة ووجود المسام ونقص الطفلة تتحسن مقاومة الترابط. والترابط أغلبه عبارة عن ترابط ميكانيكى ناتج من تلاحم الحبيبات بمونة الأسمنت ولكن تتحسن مقاومة الترابط بالنسبة لكسر الأحجار الجيرية وكسر الدولوميت نتيجة وجود ترابط كيميائى مع مونة الأسمنت. وكلما قلت مقاومة الترابط يحدث الكسر للخرسانة بظهور شروخ حول حبيبات الركام، أما فى حالة مقاومة الترابط العالية فإن الانهيار إما يحدث فى مونة الأسمنت فى الخرسانات ضعيفة و متوسطة المقاومة أو فى حبيبات الركام فى الخرسانة الخفيفة (خرسانة الليكا) وفى الخرسانة العالية المقاومة غالباً يحدث الشروخ نتيجة ضعف مقاومة الترابط أوفى الركام الكبير.

10.1 الزيادة الحجمية للرمل (Bulking of Sand):

أوحظ أن وجود رطوبة فى الرمل يؤثر على حجم الرمل ويتضح ذلك من شكل (17-1)، حيث أنه كلما زاد الماء الموجود فى الرمل يزداد الحجم حتى الوصول لمحتوى ماء يتراوح بين 6 و 10%، والذي يحقق أكبر زيادة حجمية، وإذا زاد محتوى الماء عن ذلك يزداد وزن الماء ويغلب على قوى الشد السطحي، فيبدأ الحجم فى النقصان، ويلاحظ أن الرمل الناعم عامة يحقق زيادة حجمية أكبر من الرمل الخشن، والرمل الناتج عن تكسير الأحجار يعطى زيادة حجمية أكبر من الرمل الطبيعى.

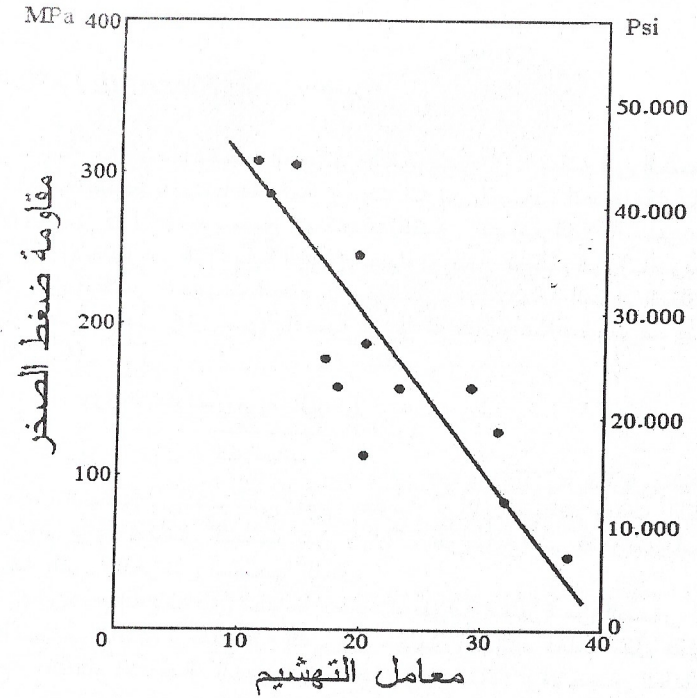


شكل (17-1) الزيادة الحجمية للرمل لنسب مختلفة من الرطوبة

ويجب أخذ تلك الظاهرة فى الاعتبار عند استلام شحنات الرمل، وكذلك عند خلط الخرسانة بالخلطات الحجمية الذى يضاف فيها محتوى الرمل بالحجم. ويمكن تحديد تلك الزيادة عملياً فى المعمل بإضافة نسبة مختلفة لمحتوى الماء، وتقاس الزيادة الحجمية المناظرة.

11.1 الركام المفلطح (Flaky Aggregate):

يحتوى الركام خاصة الركام الناتج من التكسير على حبيبات مفلطحة (Flaky)، وتعرف الحبيبات المفلطحة بأنها الحبيبات التى تكون النسبة بين سمك الحبيبات المتوسطة ومقاس الحبيبة المتوسط أقل من 0.60 ويحدد بواسطة استخدام مجموعة مناخل قياسية يدخل عليها الركام ثم يمرر الركام باليد رأسياً من خلال فتحات النسبة بين عرضها وطولها أقل من 0.6 ثم



شكل (16-1) العلاقة بين معامل التهشيم ومقاومة الصخر الأصلي للركام

8-1 صلادة الركام (Hardness of Aggregate):

تتعرض الخرسانة لعوامل الاحتكاك والبرى الناتجة عن الأحمال المتحركة فى حالة عدم وجود تغطية للخرسانة، وقد تتآكل الخرسانة نتيجة النحر بالمياه المتحركة، ولذلك يجب التأكد من أن الركام ذو صلادة جيدة (أى يقاوم حدوث التآكل).
ويستخدم اختبار صلادة التآكل بالاحتكاك بطريقة لوس انجلس؛ والتي تعتمد على وضع ركام قياسي فى حلة مغلقة مزودة بكرات من الصلب قياسية (قطر 48 مم)، وبعدد قياسي يعتمد على تدرج الركام المختبر (6-12 كرة)، ثم تعرض الحلة للدوران حتى 500 دورة لركام الخرسانة (فى الاستخدامات الأخرى تصل إلى 1000 دورة)، ونتيجة الدوران يتصادم الركام مع كرات الصلب ومع نفسه ويحدث تفتت به، وكلما زادت نسبة المواد المتفتتة (المارة من منخل 1.70 مم)، دل ذلك على نقص صلادة الركام، وعموماً نستطيع القول بأنه غالباً كلما زادت صلادة الركام تتحسن مقاومة الضغط لحبيبات الركام (انظر ملحق الاختبارات)، وينص الكود المصرى على استخدام ركام معامل صلادته أقل من أويساوى 30 % لكسر الأحجار و 20 % للزلط.

بالتحليل الكيميائي لهذه المواد من تكوينها، وتحدد تلك المواد بالنخل على منخل 200 بالفيصل، و تحسب نسبة المواد المارة من منخل 200 بالنسبة لوزن العينة الأصلية كما سيذكر لاحقاً.

2.14.1 الشوائب العضوية (Organic Impurities):

يحتوى الركام على شوائب عضوية تنتج عن تحلل النباتات الموجودة فى الركام حيث ينتج من هذا التحلل حمض التانيك ومشتقاته، وهذه المواد تظهر بصورة أوضح فى الرمل، وهذه المواد تؤثر على شك الأسمنت حيث أنه ينتج عنها مواد تؤجل شك الأسمنت، وبالتالي تقل المقاومة المبكرة للخرسانة، وللكشف عن هذه الظاهرة يجب عمل اختبار Colorimetric الموجود فى ASTM C- 40-69، وفى حالة إثبات هذا الاختبار لوجود تلك المواد فيجب صب مكعبات خرسانة بهذا الرمل وصب مكعبات برمل قياسى خالى من وجود تلك المواد وتحدد مقاومة الضغط للثنتين، ويجب ألا تقل النسبة بين مقاومة ضغط الخرسانة المحتوى ركامها على مواد عضوية ومقاومة الخرسانة ذات الرمل القياسى عن 1.00.

3.14.1 الأملاح المحتواه فى الرمل (Salt Contamination):

يحتوى الركام على أملاح الكلوريدات والكبريتات والتي يجب تحديدها بعمل اختبار كيميائى لتحديد محتوى الكلوريدات والكبريتات كنسبة من وزن الركام، وزيادة محتوى الكلوريدات يؤدى إلى تعجيل صدأ صلب التسليح، أما زيادة محتوى الكبريتات فيؤدى إلى حدوث تمددات بالخرسانة وخاصة فى حالة توفر الرطوبة فى الخرسانة، والكود المصرى للخرسانة (كود 2007-201) يسمح بالنسب الواردة فى جدول (13-1).

جدول (13-1) الحدود المسموح بها للكلوريدات والكبريتات بالركام وثبات الحجم للركام

الحد الأقصى كنسبه منوية من وزن الركام		الخاصية *
الركام الكبير	الركام الصغير	
0.04%	0.06%	محتوى الكلوريدات القابل للذوبان فى الماء (Cl ⁻) **
0.4%	0.4%	محتوى الكبريتات الكلي على هيئة (SO ₃) ***
12	10	أ. أبعاد الحجم الكيميائى (معبراً عنه بالنسبة المنوية للفاقد فى الوزن)
18	15	ب. أ. التعرض لـ 5 دورات فى محلول كبريتات الصوديوم . ج. التعرض لـ 5 دورات فى محلول كبريتات المغنسيوم .

تحدد هذه الخواص بالإختبارات الواردة بالموصفات القياسية .

لا يزيد النسبة المنوية لمحتوى الكلوريدات القابل للذوبان فى الماء على 0.010% من الركام الكامل فى حالة الخرسانة سابقة الإجهاد .

لا يزيد خلل الركام من الجبس .

4.14.1 الحبيبات الغير ثابتة (Unsound Particles):

يحتوى الركام على حبيبات غريبة عن الركام من مواد أخرى، وهذه المواد تفقد تماسكها وتقلل من تماسك الركام عند التعرض للأحمال أو قد يحدث عنها تمدد كبير عند تعرضها للماء أو للتآكل، وتلك المواد تشمل ما يلى:
أ. المواد الخفيفة:

تجمع الحبيبات التى تمر فى الفتحات لتمثل الركام المفلطح ويعبر عن كمية هذا النوع فى الركام بمعامل التفلطح (Flakiness Index).

$$\text{معامل التفلطح} = \frac{\text{وزن الركام المفلطح}}{\text{وزن الركام}} \times 100$$

وينص الكود المصرى للخرسانة على أن لا يزيد هذا المعامل عن 25%، وتسمح المواصفات البريطانية بنسب أعلى. وهذا الركام يؤثر على مقاومة الخرسانة لأنه يزيد من تركيز إجهادات الضغط عند التحميل ويزيد من النسبة المنوية للفراغات ويقلل التشغيلية للخرسانة.

12-1 الركام المستطيل (Elongated Aggregate):

وهو الركام الذى تزيد النسبة بين طول الحبيبة ومقاس الحبيبة المتوسط عن 1.80، ويحدد الركام المستطيل عن طريق فصل الركام باستخدام مناخل خاصة وإمرار الركام بين حوامل المسافة بينها تساوى 1.8 من القطر المتوسط للركام (يحدد وزن الركام الذى يمر بين الحوامل ليحصر عن الركام المستطيل)، ويعبر عن نسبة هذا الركام المستطيل بمعامل الاستطالة (العصوية) (Elongated Index).

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{وزن الركام المستطيل}}{\text{وزن الركام}} \times 100$$

وكما زاد معامل الاستطالة تقل مقاومة الضغط للخرسانة حيث يزيد تركيز إجهادات الضغط وتزيد النسبة المنوية للفراغات وتقل التشغيلية.
وينص الكود المصرى للخرسانة على أن لا يزيد هذا المعامل عن 25%، وتسمح المواصفات البريطانية بنسب أعلى.

13-1 المسامية (Porosity):

تعبر المسامية عن الفراغات الموجودة بالركام، وإذا تواجدت بعض المسام على سطح حبيبات الركام فيكون لها تأثير مباشر على تحسين مقاومة الترابط، وداخلياً تنقسم المسام إلى فراغات شعرية غير منفذة؛ نظراً لدقتها وعدم اتصالها، وإلى فراغات متصلة وكلما كانت نسبة الفراغات المتصلة كبيرة يقل تحمل الركام وتزيد قابليته لامتصاص الماء، والنسبة المنوية للمسام فى الجرانيت تتراوح بين صفر و 3.8%، بينما تتراوح بين صفر و 37.6% للحجر الجيرى، ونلاحظ أن الحجر الجيرى منه أنواع صلبة جداً وأنواع صلابتها ضعيفة مليئة بالمسام مثل الحجر الجيرى الطباشيرى.

14-1 المواد الضارة (Deleterious Materials):

يحتوى الركام على أنواع مختلفة من المواد الضارة سنذكر فكرة عنها فيما يلى:

1-14-1 الطين والمواد الناعمة (Clay and Fine Materials):

نظراً لأن الركام من الأحجار الرسوبية فإنه عند ترسيبه يختلط بالمواد الناعمة من طين وطمى ومواد أخرى، وهذه المواد تتميز بمساحة سطحية عالية جداً لأن قطر حبيباتها أقل من 750 ميكرومتر (تمر من منخل 200)، ولذلك فإن هذه المواد إذا زادت عن حد معين يزيد محتوى الماء وتقل مقاومة الضغط ومقاومة الترابط بين حبيبات الركام والمونة الأسمنتية، وتلك المواد يجب ألا تزيد نسبتها للركام الكبير عن 1% وللرمل عن 3% والمواد المصيرية لسلبة 2002 تسمح بنسب أعلى، وتزيد هذه النسبة قليلاً إذا كان أساسها من كربونات الكالسيوم فهى فى تلك الحالة تأثيرها السلبي يكون قليل وقد يحسن من بعض خواص الخرسانة، ولكن يجب

مثل الفحم والأحجار الرخوة (Shale) والتكتلات الطينية (Clay Lumps) وغيرها، وزيادة هذه المواد يؤدي إلى نقص المقاومة، ووجود نسبة عالية من التكتلات الطينية قد يؤدي إلى خطورة على القطاع الخرساني، والرمل المسرود (المنخول) يقل فيه جداً تلك التكتلات الطينية، ويجب تحديد محتوى تلك المواد في الركام والتي يجب أن تكون مسموح بها.

ب- الميكا:

وهو معدن شفاف يزيد من متطلبات محتوى الماء، وقد تتفاعل بعض أنواع الميكا مع مركبات إمالة الأسمنت.

ج- الجبس والكبريتات الأخرى:

وهذه المواد في حالة وجود رطوبة بالخرسانة قد تؤدي إلى حدوث تمدد بالخرسانة المتصلدة.

14-5 وجود مواد تؤدي إلى عدم ثبات الركام (Materials Yield Unsound Particles):

قد تحتوي حبيبات الركام على مواد ضعيفة مثل الطين والحجر الجيري الطيني؛ والذي يظهر عند إجراء اختبار التحليل بالأشعة السينية (X-Ray Analysis)، وقد تتواجد مواد أخرى، وعند تعرض الركام لدورات من التلج وذوبانها أو عند التعرض لدورات من البلل والجفاف فقد يحدث تغير حجمي في حبيبات الركام أو تفتت قد يؤدي إلى عدم الثبات الحجمي للخرسانة، وكلما كان الركام قابل لحدوث تغير حجمي به يقال عنه أنه غير ثابت (Unsound)، وللكشف عن وجود هذه الظاهرة يجب استخدام تجربة ASTM C88-76 لدراسة ظاهرة Soundness للركام؛ وفيها يتم تعريض الركام لـ 5 دورات من الغمر في محلول قياسي من كبريتات الماغنيسيوم أو الصوديوم ثم يتم التجفيف بعد كل دورة غمر، وبالتالي يحدث تفتت في بعض الحبيبات، وهذا التفتت يزيد كلما زادت المواد الغير ثابتة، والنسبة المئوية المسموح بها للمواد المتفتتة من الركام الكبير في هذه التجربة لا تزيد عن 18% و 12% عند استخدام كبريتات الماغنيسيوم والصوديوم على الترتيب، بينما لا تزيد عن 15% و 10% للركام الصغير (انظر جدول 1-13).

15-1 ملحق العملي:

1-15-1 طرق أخذ العينات (Aggregate Sampling):

• الهدف:

تهدف هذه الطرق لتحديد الوسائل القياسية لأخذ وتحضير عينات الاختبار للركام الكبير أو الصغير أو الخليط.

• العينات:

- أخذ وتحضير العينات.

يختص هذا الجزء بإعداد العينات الشاملة، تجهز عينات الركام الصغير أو الكبير أو الخليط اللازمة لإجراء الاختبارات المبنية فيما بعد بأخذها من المحجر وعند التوريد ويكون ذلك من الركام المنقول بالعربات أو أية وسيلة أخرى أثناء تعبئته بالمحجر وأى مكان آخر، وتؤخذ عينة واحدة شاملة لكل 100 متر مكعب من الركام إلا في الحالات التي يكون فيها الركام مأخوذاً من محاجر معروفة الخواص فيجوز الإكتفاء بعينة واحدة بشرط ألا يكون هناك اختلاف واضح في الركام المورد. ويذكر حجم كمية الركام الكلية المأخوذة منها العينة، ويمكن تمثيل هذه الكمية بعينة واحدة إذا كان المطلوب معرفة خواص الركام، أما إذا كان المطلوب الحصول على معلومات خاصة تبين مدى اختلاف الركام فيتم تحضير بضعة عينات تمثل كل

عينة منها الركام المأخوذ على فترات محددة من الكمية الكلية ووضع كل عينة في عبوة مغلقة تساهم من العينات الأخرى.

تؤخذ العينة الواحدة في الموقع كما يلي:

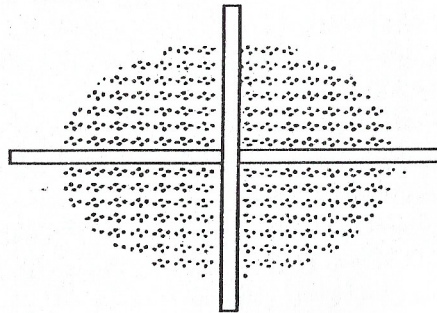
يتم تحضير العينة بأخذ كميات متساوية من الركام على وجه التقريب من مواضع مختلفة على أن يكون ذلك من نقاط متفرقة على جوانب المصدر من أعلاه ومنصفه وأسفله، ثم تخلط هذه الكميات مع بعضها البعض خلطاً تاماً لتكون العينة الكلية الممثلة للركام، ويراعى عند أخذ عينات الركام المذكورة أن تكون ممثلة تماماً لغالبية الحبيبات ولا تؤخذ من نقط تتركز فيها الحبيبات الكبيرة كما يحدث عادة في أسفل الأكوام. على ألا يقل عدد النقاط التي تؤخذ منها عينات الركام عن عشر نقاط للعينة الواحدة. وفي حالة تحضير العينات تحت ظروف غير عادية يراعى أن تكون نقط أخذ كميات الركام من المصدر كثيرة بحيث تكون العينة الكلية أكبر لضمان تمثيلها للركام تمثيلاً صحيحاً، ويفضل أن يكون عدد تلك النقاط ووزن كمية الركام المأخوذة من كل نقطة ووزن العينة الكلية كما هو مبين بجدول (1-14) والذي يتراوح بين 2000 كجم و 40 كجم وعن طريق التقسيم تستخرج مئة عينة الاختبار التي ترسل للمعمل (أي ترسل عيتين أو أكثر).

• خطوات الاختبار:

• تحضير العينة للاختبار:

يتم تحضير العينة التي ترسل للمعمل للاختبار بتجزئة العينة الكلية في الموقع، وتكون هذه التجزئة بالأوزان المبينة بجدول (1-14) باستخدام طريقة التقسيم الرباعي كما يلي:

يتم عمل التجزئة بالخلط التام لكميات الركام المأخوذة من النقاط المختلفة والمكونة للعينة الكلية وذلك بعمل كوم مخروطي منها ثم يقلب، ويعاد عمل الكوم المخروطي مرة ثانية وتجرى هذه العملية ثلاث مرات، ويراعى عند عمل الكوم المخروطي أن يكون تكويم الركام بوضعه في رأس المخروط وتركه ينساب إنسياباً منتظماً على جوانبه، يراعى عدم زحزحة مركز قاعدة المخروط وإعادة قطع الركام الكبير التي تتبعثر حول القاعدة إلى جوانب الكوم، ثم تسطح القمة المخروطية الثالثة بحرف لوح من الخشب أو حرف جاروف بوضعة قطرياً في مركز القمة وتحريكه دائرياً مع رفعه بعد كل دورة وإعادة ذلك عدة مرات حتى يتسطح الكومة بهيئة دائرية باخانة منتظمة على أن يكون مركزها هو نفس مركز الكوم المخروطي. ثم تقسم الكومة الدائرية المسطحة إلى أربعة أقسام وذلك بوضع لوحين من الخشب أو المعدن على سطحها على شكل قطرين متعامدين ثم ضغطها كما هو مبين بالشكل رقم (1-18) ثم يستبعد جزآن متعامدان قطرياً ويؤخذ الجزآن الآخران ويخلطان مع بعضهما خلطاً تاماً، وتكرر عملية التقسيم الرباعي على خابطة هذين الجزأين مرة أو أكثر حتى يحصل على الكمية اللازمة لعملية الاختبار.



شكل (1-18) التقسيم الرباعي للركام

جدول (14-1) عدد النقاط التي تؤخذ منها عينات الركام ووزن العينة

المقاس الإختباري للركام (مم)	المناخل القياسية		عدد نقط أخذ الركام	وزن كمية الركام المأخوذة عند كل نقطة (كيلو جرام)	وزن العينة الكليّة (كيلو جرام) فى الموقع	وزن عينة الإختبار (كيلو جرام) المرسلة للمعمل
	رقم المنخل	العرض الاسمى للفتحه (مم)				
40	7	37.5	20	10	200	50
32	8	28	20	10	200	50
25	10	20	20	10	200	50
20	11	20	20	5	100	25
16	12	14	20	5	100	25
10	15	10	20	4	80	20
5	19	5	10	4	40	10

2-15-1 اختبار التحليل بالمناخل للركام:

Test Method for The Determination of Sieve Analysis of Aggregates:

- يهدف هذا الاختبار الى تحديد:
- التدرج الحبيبي أى توزيع مقاسات حبيبات الركام فى كمية من الركام وذلك لإستخدامه فى الخلطات الخرسانية .
- معايير النعومة للركام .
- المقاس الإعتباري الأكبر للركام .

• الأجهزة:

- يتم إستخدام مجموعة المناخل القياسية لكل من الركام الكبير والركام الصغير والركام الخليط كما هو بجدول (15-1) ومذكور أرقام وفتحات المناخل الذى يستخدم فى ركام الخرسانة المسلحة للمواصفات المصرية والبريطانية والأمريكية فى بند تدرج الركام (1-4) . والمناخل القياسية المذكورة هى المناخل ذات هيكل معدنى اسطوانى .
- هزاز مناخل ميكانيكى (إختيارى) .

• العينات :

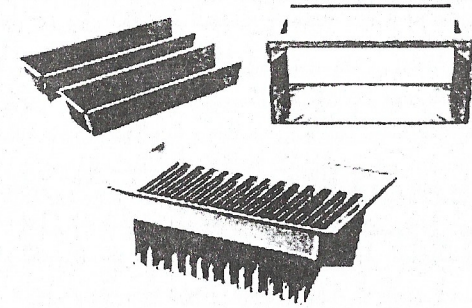
- لعنصر عينة الإختبار بتجزئة العينة الكلية كما هو مبين بإختبار طرق أخذ عينات الركام لكى يعطى الأوزان المنصوص عليها بجدول (16-1) لوزن عينة الإختبار .
- تجفف عينة الإختبار حتى يثبت وزنها لأقرب 0.1 % من وزن العينة فى فرن درجة حرارته 105 ± 5 درجة مئوية لمدة 24 ± 4 ساعة .
- لوزن عينة الركام الجافة بدقة لأقرب 0.1 % من وزن العينة وليكن وزنها (W) .
- ترتب المناخل طبقاً لمقاس فتحة المنخل ترتيباً تصاعدياً ابتداءً من الوعاء ثم تتخل العينة ويبدأ النخل بالمنخل الأكبر وينتهى بالمنخل الأصغر .
- تجرى عملية النخل بهز المناخل ميكانيكياً أو يدوياً مده كافية لاتقل عن 5 دقائق بحيث لا يمر من أى منخل بعدها إلا 0.1 % من وزن العينة الكلى خلال دقيقة من النخل اليدوى . تكون عملية النخل بتحريك المنخل رأسياً وأفقياً وذلك بهزه أماماً وخلفاً يميناً وشمالاً ودائرياً فى إتجاه عقرب الساعة وعكسه كما يحرك المنخل من وقت لآخر بحركة إلتفافيه حتى يتحرك الركام باستمرار فوق وجه المنخل ليتيسر لحبيباته فرصة المرور من فتحات المنخل .

• تعبئة عينات الإختبار :

تكون الأوعية التى ترسل فيها العينات لمعامل الإختبار متينة تتحمل أية ظروف سينة أثناء الشحن على ألا يفقد أى جزء من الركام لا سيما المواد الناعمة ، ويتوقف نوع وعاء التعبئة على طريقة شحن عينة الإختبار ، وتستعمل الأكياس ذات النسيج القوى المضموم أو الصناديق الخشبية المحكمة أو الأسطوانات المعدنية .

• إختزال العينات للإختبار المعملى :

يتم إختزال العينات الواردة للمعمل للحصول على الكميات اللازمة لإجراء الإختبارات المعملية بإستخدام صندوق التقسيم Riffler (شكل 19-1) .



شكل (19-1) جهاز تقسيم الركام

• يرفق تقرير يختص بمعلومات الركام .

- يراعى أثناء نخل الركام الكبير ألا تجبر حبيباته على المرور من فتحات المنخل بالضغط عليها باليد وفي حالة المناخل التي مقاس فتحتها 20 مم وأكبر يسمح بمساعدة حبيبات الركام على المرور من فتحات هذه المناخل .

- يراعى أثناء نخل الركام الصغير إمكان فرك التكرورات المتجمعة - إن وجدت - بضغطها على جدار المنخل وكذلك تستخدم فرشاة مناسبة لحك ظهر المناخل لإخلاء فتحاته من الركام الصغير كما يراعى استعمال فرشاة ناعمة فوق وجه المنخل مقاس 0.15 مم لمنع حدوث تجمع الركام الناعم مع عدم إحداث أى ضغط على سطح هذا المنخل .

- توزن مقادير الركام المحجوزة على كل منخل على حده بالميزان الحساس ولتكن أوزانه W_1 و W_2 و W_3 الخ .

- تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز على كل منخل والنسبة المئوية للركام المار منه من واقع الأوزان المحجوزة على كل منخل كما بجدول (17-1) .

- فى حالة إجراء اختبار التدرج على عينة الركام بعد غسلها وتجفيفها يضاف وزن المواد المارة من منخل الإختبار 0.075 (منخل 200) الى وزن المواد المارة من أصغر فتحة منخل (منخل 100) .

- يعين من النسبة المئوية للمار المقاس الإعتبارى الأكبر للركام .
- يحسب معايير النعومة للركام الصغير .

جدول (16-1) أقل وزن لعينة إختبار التحليل بالمناخل

المقاس الإعتبارى (مم)	أقل وزن لعينة الإختبار (كجم)
63	50
50	35
37.5	15
28	5
20	2
14	1
10	0.5
5	0.2
2.36	0.2
$2.36 >$	0.1

جدول (17-1) طريقة حساب النسبة المئوية المحجوزة والنسبة المئوية المارة فى إختبار التحليل بالمناخل .

الوزن المحجوز على كل منخل	النسبة المئوية المحجوزة من الركام	النسبة المئوية المارة من الركام
W_1	$\frac{W_1}{W} \times 100$	$100 - (\frac{W_1}{W} \times 100)$
$W_1 + W_2$	$\frac{W_1 + W_2}{W} \times 100$	$100 - (\frac{W_1 + W_2}{W} \times 100)$
$W_1 + W_2 + W_3$	$\frac{W_1 + W_2 + W_3}{W} \times 100$	$100 - (\frac{W_1 + W_2 + W_3}{W} \times 100)$
$W_1 + W_2 + W_3 + W_4$	$\frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}{W} \times 100$	$100 - (\frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}{W} \times 100)$

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$$

أقيم على تدرج الركام بمقارنتها بحدود المواصفات ببند (5-4-1) .

3.1.5 اختبار تعيين النسبة المئوية للإمتصاص للركام:

Test Method to Determine The Percentage of Absorption for Aggregate:

أ. الركام الكبير:
يهدف هذا الاختبار لتعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام الكبير للماء بالوزن.
يتم غسل العينة قبل الاختبار على منخل 5مم لإزالة كل المواد الناعمة والطين والطين والنوى.
يتم أثناء الاختبار وبالتالى تؤثر على نتائجها، وبالنسبة للركام المعتاد (عدا الخفيف أو الثقيل) يجب ألا يقل وزن عينة الاختبار بالجرام عن 100 مرة المقاس الإعتبارى الأكبر للركام بالمليمتر.

جدول (15-1) المناخل القياسية لإختبار التدرج الحبيبي

فتحة المنخل (مم)	
نسج شبكى (أسلاك مضفرة) بفتحات مربعة قطر المنخل 300مم أو 200مم (ركام صغير)	لوح من الصلب الطرى مثقب بفتحات مربعة قطر المنخل 450مم أو 300مم (ركام كبير)
3.350	75
2.360	63
1.700	50
1.180	37.5
0.850	26.5
0.600	19
0.425	13.2
0.300	9.5
0.212	6.7
0.150	4.75
*0.075	

* يمكن فى بعض التطبيقات استخدام المنخل 0.063 مم

القلنبه طرماً خفيفاً فوق قطعة من اللباد أو بأى طريقة أخرى كما يجب اتخاذ الحيطة لضمان بقاء جدار الجزء المدرج من القنبه جافاً وبعد ساعة من إضافة الركام الصغير تسجل القراءة الثانية وليكن (V2) .

$$\frac{W}{V_2 - V_1} = \text{الوزن النوعى للركام الصغير}$$

2. تحديد الوزن النوعى للركام الكبير:

الغمر العينة (2 كيلو جرام تقريباً) فى ماء درجة حرارته (15-25) مئوية لمدة 24 ساعة ثم يؤخذ الحبيبات من الماء ويجفف سطحها بقطعة قماش مبلله بالماء .

يستخدم إناء حجمة معلوم V1 .

تصب كمية معلومة الحجم من الماء فى الوعاء وليكن (V2) الى مايقرب من منتصفه ثم تضاف حبيبات الركام الى الوعاء ثم تضاف كمية أخرى من الماء حجمها (V3) الى أن يمتلئ الوعاء تماماً .

ترفع العينة من الماء وتجفف فى فرن مهورى درجة حرارته تتراوح بين 100-110 درجة مئوية ثم تبرد فى مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات الى أن يثبت الوزن وليكن (W1) .

$$\frac{W_1}{V_1 - (V_2 + V_3)} = \text{الوزن النوعى الظاهرى}$$

* طريقة ASTM : يتم استخدام الطريقة المذكورة فى البند 6-2-3 وفترة الغمر تكون 24 ساعة بدلاً من 48 ساعة .

5-15-1 اختبار تعيين الوزن الحجمى والنسبة المئوية للفراغات للركام:

Test Method for Determination of Bulk Density (Volumetric Weight) and Percentage of Voids for Aggregate:

- يهدف هذا الاختبار لتحديد الوزن الحجمى (وحدة الوزن) وهو ناتج قسمة وزن الركام على الحجم الذى يشغله .
- النسبة المئوية للفراغات هى النسبة بين حجم الفراغات الموجودة بين حبيبات الركام وبين الحجم الكلى الذى يشغله الركام .

خطوات الاختبار:

يتم اختيار الوعاء المناسب من جدول (18-1) حسب المقاس الاعتبارى الأكبر للركام وليكن حجم الإناء V1 .

يوزن الوعاء فارغاً وجافاً ونظيفاً وليكن وزنه W1 .

يملأ الوعاء بالركام المدموك أو غير المدموك كما يلى :

أ - الركام المدموك: يملأ الوعاء لثلثه بالركام المخلوط خلطاً جيداً ويدمك بقضيب الدمك 25 مرة ثم يضاف مقدار آخر مساو له فى الكمية ويدمك 25 مره أخرى وبعد ذلك يملأ الوعاء لأكثر من سعته ويدمك 25 مرة .

ب - الركام غير المدموك: يملأ الوعاء لأكثر من سعته بواسطة جاروف من إرتفاع لا يزيد على 6 سنتيمترات أعلى الوعاء ويجب إتخاذ العناية الكافية لمنع انفصال الحبيبات ذات المقاسات المختلفة المكونة لعينة الاختبار .

يزال الركام الزائد عن سعة الوعاء باستعمال قضيب الدمك كمسطرة تسوية .

يعين وزن الوعاء بما فيه من ركام وليكن وزنه W2 .

يكرر الاختبار ثلاث مرات على الأقل ثم يؤخذ متوسط النتائج .

- يتم وضع عينة الإختبار فى السله السلك (ذات فتحة من 1 الى 3 مم) ثم تغمر فى وعاء به كمية مناسبة من الماء عند درجة حرارة ثابتة (15-25 درجة مئوية) مع التأكد من الغمر التام لعينة الإختبار فى الماء بحيث لا تقل المسافة بين أعلى نقطة فى السله السلك وسطح الماء عن 50 مم بعد الغمر يزال الهواء المحبوس بالعينة وذلك برفع السله والعينة 25 مم مع التأكد من أن السله و العينة مغمورتان غمراً تاماً فى الماء , ثم يسمح لهما بالهبوط 25 مرة بمعدل مرة كل ثانية .

- تترك السله وعينة الركام مغمورتين غمراً تاماً بالماء لمدة 24 ساعة .

- ترج السله والعينة ثم تخرجان من الماء ويسمح بصرف الماء العالق عليهما , ثم يتم بعد ذلك تفريغ الركام من السله ويوضع على قطعة قماش جافة ويجفف سطح العينة برفق ويستعمل بقطعة قماش جافة أخرى إذا تطلب الأمر ذلك , ثم يتم وزن العينة وليكن وزنها (W1) .

- توضع العينة فى وعاء مسطح ثم توضع بفرن تجفيف درجة حرارته $105 \pm 5^\circ \text{C}$ وذلك لمدة 24 ساعة , ويسمح للعينة أن تبرد دون تعرضها للرطوبة الموجودة بالجو ثم توزن وليكن وزنها (W2) .

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 = \text{يتم حساب النسبة المئوية لامتناس الركام الكبير للماء}$$

2- الركام الصغير:

- يهدف هذا الاختبار لتعيين النسبة المئوية لامتناس الركام الصغير للماء بالوزن .
- يؤخذ حوالى 1 كجم من عينة الركام الصغير باستخدام الخطوات و الإجراءات الموضحة فى الاختبار السابق .

- تؤخذ عينة من الركام الصغير وتغمر بالماء لمدة 24 ساعة ± 4 ساعات ثم تجفف من الماء السطحى بطريقة قياسية ASTM C70 ويوزن الركام وليكن وزنه (W1) .

- توضع العينة فى وعاء مسطح ثم توضع بفرن تجفيف درجة حرارته $105 \pm 5^\circ \text{C}$ درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة , ويسمح للعينة أن تبرد دون تعرضها للرطوبة الموجودة بالجو ثم توزن وليكن وزنها (W2) .

- يتم حساب النسبة المئوية لامتناس الركام الصغير من المعادلة التالية :

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

1-4-15 اختبار تعيين الوزن النوعى الظاهرى للركام :

Apparent Specific Gravity of Aggregate:

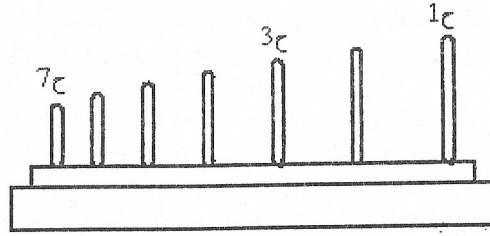
* طريقة المواصفه المصرية القياسية :

- الهدف هو تحديد الوزن النوعى الظاهرى للركام الصغير أو الكبير وهو ناتج قسمة وزن الركام الجاف على وزن الماء المساوى له فى الحجم (وزن الماء المزاج) .

1- إجراء الاختبار للركام الصغير:

- تجفف العينة (للاتعدى 100 جرام) فى فرن مهورى درجة حرارته تتراوح بين 100-110 درجة مئوية ثم تبرد العينة فى مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات الى أن يثبت الوزن وليكن (W) .

- يسكب ماء درجة حرارته بين 15-25 مئوية فى قنبه ذات رقبه مدرجة تدريجاً قياسياً , مثل زجاجة (لوشاتليه) بحيث يصل الى صفر التدريج أو يعلو الى أى علامة مناسبة على الجزء المدرج من القنبه , وتسجل قراءة التدريج وليكن V1 ثم يضاف الركام الصغير بوزن (W) الى داخل القنبه , ويترك مغموراً لمدة ساعة مع إزالة فقائيع الهواء الموجودة وذلك بطرق



شكل (20-1) جهاز معامل العسوية

حدود وزن الحبيبات التي لا تمر من المقاس ولتكن M2 .
معامل العسوية = مجموع الحبيبات التي لا تمر M2
100 × مجموع وزن الركام الأصلي M1

جدول (19-1) المناخل القياسية

مقاس المنخل (مم)
6.3 - 10.0 - 14.0 - 20.0 - 28.0 - 37.5 - 50

جدول (20-1) بيانات تعيين معامل العسوية للركام

أقل وزن للجزء المخلو (كجم)	المسافة بين الحائلين	المسافة بين المسامير بمقياس الطول * (مم)	مقاس حبيبات الركام		
			مناخل الاختبار (مم)		
			المقاس المتوسط	100% محجوز	100% مار
35	ح-1 ح-2	0.3 ± 78.7	44.25	37.5	50.0
15	ح-2 ح-3	0.3 ± 59.0	32.75	28.0	37.5
5	ح-3 ح-4	0.3 ± 43.2	24.00	20.0	28.0
2	ح-4 ح-5	0.3 ± 30.6	17.00	14.0	20.0
1	ح-5 ح-6	0.2 ± 21.6	12.00	10.0	14.0
0.5	ح-6 ح-7	0.2 ± 14.7	8.15	6.3	10.0

* هذا المقاس يساوي 1.8 مرة من متوسط مقاس المناخل .

$$\text{مثال } 1.8 = \frac{(37.5 + 50)}{2}$$

* الجهاز سبعة حوامل من ح-1 وحتى ح-7 .

7-18-1 اختبار تعيين معامل التفطوح للركام الكبير:

Flakiness Index of Coarse Aggregate:

الهدف هو تعيين معامل التفطوح للركام الكبير .
يعرف بأنه النسبة الوزنية للركام الذي يقل سمك حبيباته عن 0.6 من المقاس المتوسط وذلك نسبواً الى وزن عينة الركام الكلى .
يتم إجراء عملية تحليل بالمناخل لعينة الاختبار مع استخدام المناخل القياسية المبينة بجدول (21-1) .

جدول (18-1) مقاسات اوعية تعيين الوزن الحجمى للركام

مقاسات الوعاء (مم)			سعة الوعاء (لتر)	المقاس الاعتبارى الأكبر للركام (مم)
تخانة الجدار	الارتفاع الداخلى	القطر الداخلى		
5.4	293.6	360	30	أكبر من 40
4.1	282.4	360	15	من 40 حتى 5
3.0	158.9	155	3	أصغر من 5

- يتم حساب الوزن الحجمى للركام كما يلى :

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_1}$$

- يمكن حساب النسبة المنوية للفراغات بين حبيبات الركام كما يلى :

$$V\% = \left(\frac{P * \gamma_w - \gamma}{P * \gamma_w} \right) * 100$$

حيث :

$V\%$ = النسبة المنوية للفراغات بين حبيبات الركام .

P = الوزن النوعى الظاهرى لحبيبات الركام كما تم تعيينها فى اختبار تعيين الوزن النوعى الظاهرى للركام (اختبار رقم 1-15-4) .

γ_w = كثافة الماء = 1 طن/م³ .

γ = الوزن الحجمى للركام (طن/م³) .

6-15-1 اختبار تعيين معامل العسوية (معامل الإستطاله) للركام الكبير:

Elongation Index of Coarse Aggregate:

- الهدف هو تحديد معامل العسوية والذي يعرف بأنه النسبة الوزنية للركام الذى يزيد طول حبيباته على 1.8 مرة قطر المقاس المتوسط وذلك منسوباً الى وزن عينة الركام الكلى .

- يستخدم مقياس طول معدنى .

- يتم إجراء عملية تحليل بالمناخل لعينة الاختبار مع استخدام المناخل القياسية المبينة بجدول (19-1) .

- يتم تعيين الوزن الجاف لكل جزء محجوز من العينة على المناخل القياسية عدا المحجوز على منخل 50 مم الذى يتم إستبعاده ويتم إستبعاد الركام الأصغر من 6.3 مم ثم يوضع كل جزء بوعاء خاص به مع تسجيل المقاس الخاص بكل جزء على الوعاء .

- يقسم الركام الى 6 مقاسات (المقاس من 50 الى 37.5 ، المقاس من 37.5 وحتى 28

..... الخ) كما بجدول (20-1) وأى مقاس يحدد وزن ركام هذا المقاس وليكن M1 .

- يمرر أفقياً باليد حبيبات المقاس بين حائلين معدنيين المسافة بينهما تساوى 1.8 القطر المتوسط للمقاس كما هو موضح بمقياس العسوية بشكل (20-1) .

8.18.1 اختبار تعيين نسبة الطين والمواد الناعمة بالركام بالوزن: Determination of Clay and Other Fine Materials in Aggregates by Weight:

يهدف هذا الاختبار لتحديد المواد الناعمة ذات المقاس أقل من 75 ميكرون (منخل رقم 200) في حالة الركام الصغير تؤخذ عينة لا يقل وزنها عن 250 جم وفي حالة الركام الكبير أو الشامل يكون وزن عينة الاختبار كما هو مبين بجدول (22-1).
يتم تجفيف عينة الاختبار في الفرن حتى (110 ± 5) درجة مئوية حتى يثبت وزنها وليكن W_1
يوضع العينة على منخل مقاس 141 ميكرون ويوضع أسفلة المنخل رقم مقاس 75 ميكرون
يتم إزالة المواد الطينية والناعمة عن طريق سكب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين مقاس 75 ميكرون ، ومقاس 141 ميكرون .
يكرر الخطوات السابقتين على نفس العينة حتى يصبح ماء الغسيل رائقاً تماماً .
تجفف العينة المحجوزة على المناخل في الفرن حتى (110 ± 5) درجة مئوية حتى يثبت وزنها وليكن W_2
تُحسب النسبة المئوية بالوزن للطين والمواد الناعمة بالركام من العلاقة .

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

جدول (22-1) أوزان عينة اختبار نسبة الطين والمواد الناعمة الأخرى بطريقة النخل

المقاس الاعتباري الأكبر للركام (مم)	أقل وزن لعينة الاختبار
9.5 - 4.75	5 كجم
19.0 - 9.5	15 كجم
37.5 - 19.0	25 كجم
37.5 <	50 كجم

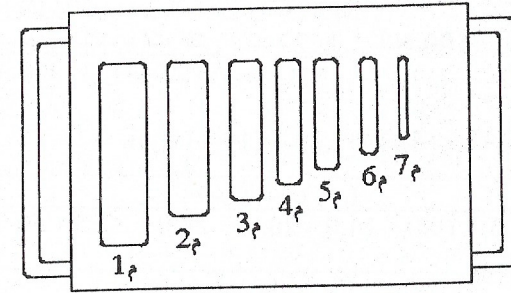
9.18.1 اختبار تعيين معامل التهشيم للركام الكبير:

Test Method for Determination of Coarse Aggregate Crushing Value:

يهدف هذا الاختبار لتعيين مقاومة الركام الكبير للتهشيم والتي تعطى مقياساً نسبياً لمدى مقاومة الركام الكبير للتهشيم تحت تأثير حمل ضغط تدريجي . ومعامل التهشيم هو النسبة المئوية الدارة بالوزن من المنخل القياسي 2.36 مم وذلك بعد تعريض عينة الاختبار لحمل ضغط تدريجي قدره 400 كيلو نيوتن .
هذا الاختبار لا يصلح للركام الذي يعطى معامل تهشيم أكبر من 30، وفي هذه الحالة ينصح باستخدام اختبار تعيين الحمل المسبب لنسبة 10% نعومة والمبين في BS 812 Part 111

يستخدم الجهاز المبين في شكل (22-1) والذي يتكون من إسطوانة مفتوحة من الجهتين تجلس على قاعدة ويوجد مكبس لنقل الحمل للركام.

- يتم تعيين الوزن الجاف لكل جزء من العينة محجوز على المناخل القياسية عدا المحجوز على منخل 63 مم الذي يستبعد هو والمار من منخل 6.3 مم . ثم يوضع كل جزء بوعاء خاص به مع تسجيل المقاس الخاص بكل جزء على الوعاء .
- يقسم الركام بذلك إلى سبعة مقاييس (المار من منخل 63 والمحجوز على منخل 50 ، المار من منخل 50 والمحجوز على منخل 37.5 الخ) .
- يوزن كل مقاس وليكن M_1 .
- باستخدام اليد تمرر حبيبات كل مقاس رأسياً من خلال السمك بالفتحة المناسبة من فتحات مقياس السمك المعدنى الموضح بشكل (21-1).



شكل (21-1) جهاز معامل التفلطح

- إحسب وزن حبيبات الركام التي تمر من المقياس ولتكن M_2 .

- معامل التفلطح للركام = مجموع وزن الحبيبات التي تمر من الفتحات M_2 / مجموع وزن الركام M_1

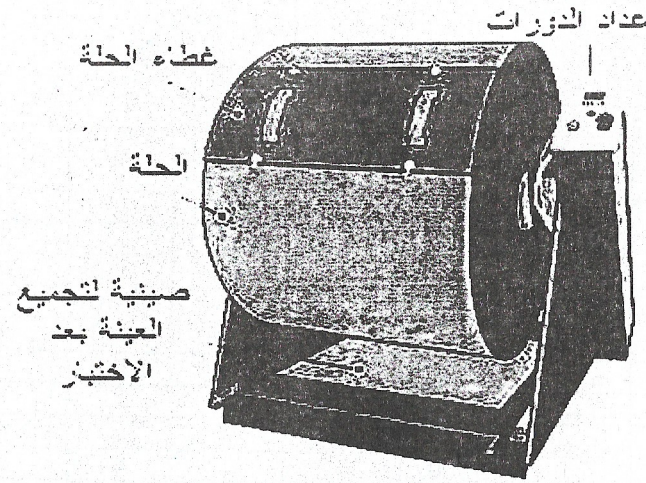
جدول (21-1) بيانات تعيين معامل التفلطح للركام

أقل وزن للجزء المختبر** (كجم)	عرض الفتحة بمقياس التفلطح (مم)	مقاس حبيبات الركام		
		مناخل الاختبار (مم)		
		المقاس المتوسط	100% محجوز	100% مار
50	0.3 ± 33.9	1م	50.0	63.0
35	0.3 ± 26.3	2م	37.5	50.0
15	0.3 ± 19.7	3م	28.0	37.5
5	0.15 ± 14.4	4م	20.0	28.0
2	0.15 ± 10.2	5م	14.0	20.0
1	0.1 ± 7.2	6م	10.0	14.0
0.5	0.1 ± 4.9	7م	6.3	10.0

مثال $33.9 = 0.6 (50 + 63)$

2

* عرض الفتحة يمثل سمك الحبيبه ويمثل 0.6 من القطر المتوسط
** الوزن يمثل وزن الركام الذي يجرى عليه الاختبار طبقاً للمقاس الإعتباري الأكبر .

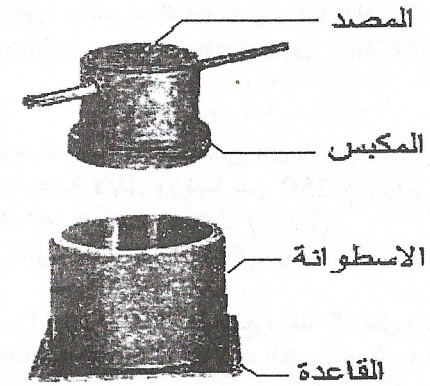


كرات الصلب

شكل (23-1) جهاز لوس أنجلس للبري

يستخدم المناخل القياسية مقاس 16 مم ومقاس 1.7 مم .
يستخدم كرات البري من الحديد الزهر أو الصلب بقطر حوالي 48 مم ويتراوح وزن الكرة الواحدة بين 3.82 - 4.36 نيوتن .
يفصل الركام الى مقاسات مختلفة عن طريق النخل على المناخل الموضح أرقامها بجدول (23-1).
طبقاً لتدرج الركام يقوم المهندس بتحديد منطقة التدرج من أ وحتى ز كما بجدول (23-1).
يتم وزن الركام المحجوز على المناخل طبقاً لمنطقة التدرج .
يخلط الركام وليكن وزنه W_1 .
يتم تحديد عدد كرات البري طبقاً لنوع تدرج العينة من جدول (24-1).
توضع العينة وكرات البري داخل مكينة لوس أنجلس وتدار المكينة بسرعة 31-10 دورة في الدقيقة بحيث يكون عدد الدورات الكلية 500 لكل من تدرجات العينة أ ، ب ، ج ، د ، و 1000 دورة لكل من تدرجات العينة هـ ، و ، ز .
يرفع الركام من المكينة وينخل مقاس 16 مم ثم ينخل المار من هذا المنخل على المنخل القياسي مقاس 1.7 مم .
يؤخذ الركام الكلي المحجوز على المنخلين السابقين ويغسل جيداً بالماء للتخلص من المواد الناعمة الملتصقة بالسطح ثم يجفف في فرن 105 - 110 درجة مئوية حتى ثبوت الوزن وليكن (W_2) .
يحسب قيمة النسبة المئوية للبري (A_b) .

$$A_b = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$



شكل (22-1) جهاز معامل التهشيم

عينة الاختبار :

- تجفف عينة الاختبار بوضعها في الصينية المعدنية داخل الفرن المهيئ درجة حرارته 100 - 110 درجة مئوية لمدة أربع ساعات ثم يبرد الركام .
- يستعمل في اجراء الاختبار الركام المار من المنخل القياسي 14 مم والمحجوز على المنخل القياسي 10 مم .

خطوات الاختبار :

- توضع الاسطوانة الصلب المفتوحة في مكانها على القاعدة .
- توضع عينة الاختبار في الاسطوانة الصلب على ثلاث دفعات متساوية تقريباً وتدمك كل دفعة 25 مرة بواسطة قضيب الدمك ثم يسوى سطح الركام في الاسطوانة ويوضع فوقها المكبس الصلب ويراعى عدم حشر المكبس في الاسطوانة .
- توضع الاسطوانة والقاعدة والمكبس في ماكينة اختبار الضغط ثم يحمل المكبس تدريجياً بمعدل منتظم حتى يصل حمل الضغط الى 400 كيلو نيوتن في مدة 10 دقائق ثم يرفع الحمل بعد ذلك .
- يفرغ الركام من الاسطوانة في صينية معدنية وتوزن العينة لأقرب جرام وليكن وزنها (M_1) .
- تنخل العينة على المنخل القياسي 2.36 مم ونعين الوزن المار على المنخل وليكن M_2 .
- يحسب معامل التهشيم $100 \times \frac{M_2}{M_1}$.

10-15-1 اختبار تعيين مقاومة الركام الكبير للبري بجهاز لوس أنجلس:

Determination of Abrasion Resistance of Coarse Aggregates in Los Angeles Machine:

- يجري هذا الاختبار لتعيين معامل البري للركام الكبير باستخدام جهاز لوس أنجلس . والذي يعرض وزن قياسي من الركام لـ 500 دورة صدم بكرات قياسية من الصلب .
- يستخدم جهاز لوس أنجلس للبري - موضح بشكل (23-1) .

جدول (23-1) تجميع عينة الاختبار بعد النخل

تجميع وزن عينة الاختبار تبعاً لنوع التدرج (جرام)							فتحة المنخل	
ز	و	هـ	د	ج	ب	أ	المحجوز على	المر من
-	-	1500	-	-	-	-	63.00	75.00
-	-	1500	-	-	-	-	50.00	63.00
-	5000	1500	-	-	-	-	37.5	50.00
5000	5000	-	-	-	-	1250	25.00	37.5
5000	-	-	-	-	-	1250	19.00	25.00
-	-	-	-	-	2500	1250	12.5	19.00
-	-	-	-	-	2500	1250	9.5	12.5
-	-	-	-	2500	-	-	6.3	9.5
-	-	-	-	2500	-	-	4.75	6.3
-	-	-	5000	-	-	-	2.38	4.75

جدول رقم (24-1) تحديد عدد كرات البرى والوزن الكلى لها

نوع التدرج طبقاً لجدول 1	عدد الكرات
أ	13
ب	11
ج	8
د	6
هـ	11
و	11
ز	11